

Syndicat Mixte EDENN
32 quai de Versailles
44000 NANTES

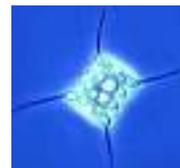


Le bassin de l'Erdre :
Etude-diagnostic de l'Eutrophisation
Plan d'actions

Rapport
Novembre 2019



Limnologie sarl



8 rue Charles Lindbergh
35150 JANZE
www.igrad.fr



TABLE DES FIGURES ET TABLEAUX

Figure 1: Transfert des effluents bruts vers la station Tougas, hors des eaux de l'Erdre	156
.....	Erreur ! Signet non défini.
Figure 2 : Le bassin versant de l'Erdre, d'une surface de 974k m ²	13
Figure 3: Approche méthodologique de l'étude (I&G 2019)	15
Figure 4 : Contexte administratif.....	16
Figure 5: Découpage du bassin versant de l'Erdre en 3 unités hydrographiques	18
Figure 6 : Localisation des communes du bassin versant de l'Erdre.....	21
Figure 7: Population et densité en 2015 sur les communes de 2018 (Insee, Edenn).....	22
Figure 8: Evolution de la population entre 2007 et 2015 des communes de 2018 (Insee).....	23
Figure 9 : Base nautique sur l'Erdre	24
Figure 10 : Localisation des bases nautiques	25
Figure 11 : Localisation des captages AEP.....	26
Figure 12 : Géologie du bassin versant de l'Erdre (BRGM)	28
Figure 13 : L'altimétrie (en m NGF) sur le bassin versant de l'Erdre (IGN ALTI 2012)	30
Figure 14 : Précipitations mensuelles à Nantes sur la période 2000-2017 (prevision-meteo.ch)	31
.....	
Figure 15 : Ecart à la moyenne interannuelle des cumuls annuels (mm) de 2000 à 2017 (prevision-meteo.ch).....	32
Figure 16 : Focus sur l'évolution des précipitations mois par mois, pour novembre, décembre et janvier observée à Nantes sur la période 2000-2017 (prevision-meteo.ch).....	33
Figure 17 : Le régime lentique de la Plaine de Mazerolles	34
Figure 18 : Canal de Nantes à Brest	34
Figure 19 : Réseau hydrographique du bassin versant de l'Erdre (Edenn)	35
Figure 20 : Evolution piézométrique du captage 04514X0018/01 à Nort-sur-Erdre (ADES)...	37
Figure 21 : Occupation du sol sur le bassin versant de l'Erdre (Corine Land Cover, PAC 2016)	38
.....	
Figure 22 : Densité de haies bocagères efficaces sur le bassin versant de l'Erdre (Edenn, SYLOA)	39
.....	

Figure 23 : Haies bocagères conservées (haut) et absence d'élément paysager structurant (bas)	40
Figure 24: Répartition spatiale de la part en SAU à l'échelle des sous bassins versants (RPG 2016).....	41
Figure 25: Répartition spatiale de la part (%) des orientations culturelles à l'échelle des SAU de chaque sous bassin versant (RPG 2016).....	42
Figure 26: Densité des exploitations agricoles orientées vers la production de légumes (RPG 2016).....	43
Figure 27 : Pratiques culturelles diversifiées : maraichages et cultures (sous BV 16)	43
Figure 28 : Prairie à joncs sur le bassin versant de l'Erdre	44
Figure 29: Nombre d'UGB par ha de SAU à l'échelle communale en 2000 et 2010 (source Agreste)	45
Figure 30 : Répartition et typologie des exploitations agricoles sur le bassin versant de l'Erdre	45
Figure 31 : Densité des exploitations bovins (viande, lait), de volailles et de porcs par commune sur le bassin versant de l'Erdre (Agreste 2010), exprimées en nombre/km ²	46
Figure 32: Répartition spatiale du nombre UGB moyen par exploitation agricole et par commune (source Agreste 2010)	47
Figure 33 : Localisation des sites industriels à potentiel de pollution sur le bassin versant de l'Erdre (SIRENE)	48
Figure 34 : Répartition de la capacité nominale des 35 stations du bassin versant de l'Erdre (Edenn, CD 44).....	51
Figure 35 : Localisation des stations d'épuration du bassin versant de l'Erdre, capacité nominale et type de traitement.....	51
Figure 36 : Répartition des types de traitement selon la capacité nominale	52
Figure 37 : Répartition des types de traitement en fonction du nombre de stations.....	52
Figure 38: Répartition des 35 systèmes de traitement selon leur âge depuis une mise en conformité.....	54
Figure 39 : Part des habitants raccordés aux STEP situés en dehors de la zone d'études	56
Figure 40: Schéma de principe d'un poste de refoulement (Source : Diagnostic réseaux Avranches, IdeeTech)	57
Figure 41: Schéma de principe d'un déversoir d'orage.....	58
Figure 42: Densité des ANC (échelle communale)	64
Figure 43: Part des ANC selon l'état de diagnostic sur le territoire de la COMPA.....	65

Figure 44 : Localisation des habitations équipées d'un ANC sur le bassin versant de l'Erdre (Géolocalisation réalisé dans notre base SIG).....	67
Figure 45 : Equivalence entre le degré de risque de transfert de Phosphore au cours d'eau (ou fossé circulant) et le pourcentage d'abattement selon notre méthodologie (I & G 2013)	68
Figure 46 : Localisation et hiérarchisation des ANC par rapport au réseau hydrographique..	69
Figure 47 : Schéma du principe d'alimentation en eau du Canal de Nantes à Brest (Edenn) .	70
Figure 48 : La rigole alimentaire.....	71
Figure 49: Gestion hydraulique de l'Erdre au niveau de l'écluse de Guiheix (Edenn)	72
Figure 50: Evolution des hauteurs d'eau sur 4 stations (SETUDE, 2003)	73
Figure 51: Localisation des stations hydrométriques (hydrofrance/Banque Hydro)	74
Figure 52: Evolution du débit journalier (l/s/km ²) à Candé, Bonnœuvre et Nort-sur-Erdre (hydrofrance).....	75
Figure 53 : Evolution moyennée des débits spécifiques (l/s/km ²) sur les 48 dernières années (hydrofrance).....	76
Figure 54 : Evolution des débits spécifiques annuels (hydrofrance)	77
Figure 55 : Modalité des vitesses d'écoulement de l'Erdre (DHI, 2004)	78
Figure 56 : Bathymétrie de la Plaine de la Poupinière en 2008 (gauche) et 2017 (droite)	80
Figure 57 : Bathymétrie de la Plaine de Mazerolles en 2008 (gauche) et 2017 (droite)	81
Figure 58 : Bathymétrie à Sucé-sur-Erdre en 2008 (gauche) et 2017 (droite).....	81
Figure 59 : Bathymétrie sur le secteur de la Beaujoire en 2008 (gauche) et en 2017 (droite)	82
Figure 60: Différentiel bathymétrique entre 2003 et 2017 sur la Plaine de la Poupinière (droite) et de la Plaine de Mazerolles (droite) (ACRI-HE).....	85
Figure 61: Différentiel bathymétrique entre 2003 et 2017 à Sucé-sur-Erdre (droite) et à la Beaujoire (gauche) (ACRI-HE).....	86
Figure 62: Localisation des 4 stations « Sédiment » de 2019	89
Figure 63: Teneur en phosphore dans le sédiment (mg/g).....	90
Figure 64: Désorption lors d'une remise en eau / EPCo 2heures dans CaCl ₂ (µgP/L).....	91
Figure 65 : Les différents réseaux de mesure sur le bassin versant de l'Erdre (Banque OSUR)	94
Figure 66: Comparaison de l'évolution du phosphore total avec le débit de l'Erdre à Candé	95
Figure 67 : Evolution comparée du phosphore total et du P-PO ₄ dans l'Erdre à Candé.....	96
Figure 68: Evolution comparée du phosphore total et du P-PO ₄ à Nort-sur-Erdre	97

Figure 69: Comparaison de l'évolution du phosphore total avec le débit de l'Erdre à Nort-sur-Erdre	98
Figure 70: Evolution de la concentration en phosphore total et en MES à Sucé sur Erdre	99
Figure 71: Evolution comparée du phosphore total et du P-PO4 à Sucé-sur-Erdre	99
Figure 72 : Comparaison de l'évolution des nitrates avec le débit de l'Erdre à Candé	100
Figure 73: Comparaison de l'évolution des nitrates avec le débit de l'Erdre à Nort-sur-Erdre	101
Figure 74: Evolution des nitrates et en MES dans l'Erdre à Sucé sur Erdre	102
Figure 75: Evolution de la concentration en chlorophylle a à Candé	103
Figure 76 : Evolution de la concentration en chlorophylle a à Nort-sur-Erdre.....	103
Figure 77: Evolution de la concentration en chlorophylle a à Sucé sur-Erdre.....	104
Figure 78: Evolution spatio-temporelle des concentrations en phosphore total et en ortho-phosphates sur le bassin versant de l'Erdre.....	106
Figure 79 : Evolution spatio-temporelle des concentrations en nitrates sur le bassin versant de l'Erdre	107
Figure 80 : Les différentes sources de Phosphore à l'échelle d'un bassin versant	110
Figure 81: Cycle de l'azote.....	112
Figure 82: Flux bruts annuels en phosphore total véhiculés dans l'Erdre	114
Figure 83: Flux bruts spécifiques annuels en phosphore total véhiculés dans l'Erdre	114
Figure 84: Flux bruts annuels en azote global véhiculés dans l'Erdre	116
Figure 85: Flux bruts spécifiques annuels en azote global véhiculés dans l'Erdre	116
Figure 86 : Flux en phosphore total sur une année humide à l'échelle des grandes unités hydrographiques	120
Figure 87 : Flux en phosphore total sur une année humide à l'échelle des sous bassins versants	120
Figure 88: Flux en Ptotal par STEP sur une année humide	121
Figure 89: Flux en phosphore total sur une année à pluviométrie modérée à l'échelle des grandes unités hydrographiques.....	122
Figure 90: Flux en phosphore total sur une année à pluviométrie modérée à l'échelle des sous bassins versants.....	123
Figure 91: Flux en Ptotal par STEP sur une année à pluviométrie modérée	124
Figure 92: Flux en phosphore total sur une année sèche à l'échelle des grandes unités hydrographiques	125

Figure 93 : Flux en phosphore total sur une année sèche à l'échelle des sous bassins versants	126
Figure 94 : Flux en Ptotal par STEP sur une année sèche	126
Figure 95 : Flux annuel en Ptotal issu de l'AC sur le bassin versant de l'Erdre	127
Figure 96 : Flux moyenné en phosphore total par hectare sur la période 2011 – 2018	128
Figure 97 : Flux en azote global sur une année humide à l'échelle des grandes unités hydrographiques	130
Figure 98: Flux en azote global sur une année humide à l'échelle des sous bassins versants	130
Figure 99: Flux en NGL par STEP sur une année humide	131
Figure 100: Flux en azote global sur une année à pluviométrie modérée à l'échelle des grandes unités hydrographiques	132
Figure 101 : Flux en azote global sur une année à pluviométrie modérée à l'échelle des sous bassins versants.....	133
Figure 102 : Flux en NGL par STEP sur une année à pluviométrie modérée	133
Figure 103: Flux en azote global sur une année sèche à l'échelle des grandes unités hydrographiques	134
Figure 104: Flux en azote global sur une année sèche à l'échelle des sous bassins versants	135
Figure 105: Flux en NGL par STEP sur une année sèche	135
Figure 106 : Flux annuel en azote global issu de l'AC sur le bassin versant de l'Erdre	136
Figure 107: Flux moyenné en azote global par hectare sur la période 2011 – 2018.....	137
Figure 108 : Flux en phosphore lié à l'ANC à l'échelle des unités hydrographiques.....	142
Figure 109: Flux en azote ammoniacal lié à l'ANC à l'échelle des unités hydrographiques ..	144
Figure 110: Part du flux annuel en Ptotal issu de l'AC et de l'ANC sur l'ensemble du bassin versant selon les flux bruts des cours d'eau	149
Figure 111: Part du flux annuel en Ptotal issu de l'AC et de l'ANC sur la partie amont selon les flux bruts des cours d'eau	150
Figure 112: Dynamique des flux en phosphore dans les matières en suspension	151
Figure 113: Part du flux annuel en azote global issu de l'AC et de l'ANC sur l'ensemble du bassin versant selon les flux bruts de l'Erdre	154
Figure 114: Part du flux annuel en azote global issu de l'AC et de l'ANC sur la partie amont selon les flux bruts de l'Erdre	154
Figure 115: Transfert des effluents bruts vers la station Tougas, hors des eaux de l'Erdre..	156

Tableau 1 : Découpage des sous bassins versants.....	17
Tableau 2 : Communes et EPCI du département de Maine-et-Loire (Insee)	19
Tableau 3 : Communes et EPCI du département de Loire-Atlantique (Insee)	20
Tableau 4 : Compétences pour la distribution en eau potable (Edenn)	26
Tableau 5 : Recensement des masses d'eau sur le bassin versant de l'Erdre	36
Tableau 6 : Liste des sites industriels à potentiel de pollution par commune et filière (SIRENE)	49
Tableau 7 : Evolution du parc assainissement collectif (Données SATESE).....	50
Tableau 8: Description du parc assainissement collectif du bassin versant de l'Erdre	53
Tableau 9 : Caractéristique des PRG des stations et recensement des volumes de déversement	59
Tableau 10 : Bilan des volumes déversés annuellement par le PRG des stations entre 2012 et 2018 .	60
Tableau 11 : Recensement des PR et DO.....	62
Tableau 12: Nombre d'ANC géoréférencés	66
Tableau 13 : Résultat de la hiérarchisation des ANC par rapport au réseau hydrographique	68
Tableau 14 : Période de retour des crues de référence	77
Tableau 15: Période de retour de crues historiques	77
Tableau 16: Estimation de l'envasement du lit mineur de l'Erdre par SETUDE (2003)	83
Tableau 17: Evolution de la dynamique sédimentaire dans le lit mineur et le chenal de navigation entre 2003 – 2018 et hauteur d'envasement en 2008 (Fauquembergue Lemaire et SETUDE).....	83
Tableau 18: Evolution de la dynamique sédimentaire dans le lit mineur et le chenal de navigation entre 2003 – 2018 et hauteur d'envasement en 2008 (Fauquembergue Lemaire et SETUDE).....	84
Tableau 19 : Temps de séjour de l'eau par secteur de l'Erdre (DHI, 2004)	87
Tableau 20 : Référencement des stations de suivis disposant des données qualitatives de l'Erdre (source OSUR)	93
Tableau 21 : Estimation du flux en phosphore et en ammoniacque théorique rejeté par un PRG en fonction d'un volume théorique journalier et de la durée du déversement.	138
Tableau 22 : Estimation du flux annuel en phosphore et en ammoniacque rejeté par le PRG des STEP, sur la base des volumes de déversement recensés.....	138
Tableau 23 : Estimation de la part en eau parasite sur une station telle que Ligné sur l'année 2018	139

Tableau 24 : Flux en phosphore et ammoniacal maximal rejeté par un poste de refoulement pour un déversement de 1, 2 et 24h, sur la base de 10 mg de P/l et 60 mg de NH ₄ ⁺ /l.....	140
Tableau 25 : Flux en phosphore lié à l'ANC obtenu d'après notre méthodologie de classification	141
Tableau 26 : Flux en NH ₄ lié à l'ANC obtenu d'après notre méthodologie de classification.....	143
Tableau 27 : Cas de figure sur l'influence des conditions hydrologiques sur les flux des STEP.....	147
Tableau 28 : Bilan des flux en phosphore lié à l'assainissement collectif et non collectif	148
Tableau 29 : Bilan des flux en azote lié à l'assainissement collectif (NGL) et non collectif (NH ₄)	152

SOMMAIRE

Avant-propos.....	13
ETAPE 1 : Caractérisation générale du territoire	16
I. Situation géographique et découpage administratif	16
I.1. Localisation du bassin versant.....	16
I.2. Découpage en sous bassins versants	17
I.3. Découpage administratif et population	19
II. Les usages sur le bassin versant de l'Erdre	24
II.1. Activités récréatives	24
II.2. L'eau potable.....	25
III. Contexte géologique	28
IV. Topographie	30
V. Contexte climatique	31
VI. Contexte hydrologique et hydrogéologique	34
VI.1. Réseau hydrographique	34
VI.2. Hydrogéologie	36
VII. L'occupation des sols.....	38
VIII. Le contexte agricole	41
VIII.1. L'agriculture sur le bassin versant.....	41
VIII.2. L'assolement.....	42
VIII.3. Les exploitations agricoles	44
IX. Pression industrielle sur le bassin versant de l'Erdre.....	48
X. L'assainissement sur le bassin versant de l'Erdre	50
X.1. Assainissement collectif : Le parc de stations d'épuration	50
X.2. Le réseau d'assainissement de la Métropole de Nantes	55
X.3. Les postes de refoulement et les déversoirs d'orages.....	57

X.3.1.	Le poste général (PRG) des stations	58
X.3.2.	Les autres postes de refoulement du réseau	60
X.4.	L'assainissement non collectif.....	63
X.4.1.	Contexte réglementaire.....	63
X.4.2.	Le recensement des ANC.....	64
ETAPE 2 : Fonctionnement hydraulique sur le bassin versant.....		70
I.	Gestion hydraulique de l'Erdre	70
I.1.	Caractérisation du fonctionnement général	70
I.2.	La gestion du niveau d'eau par l'écluse Saint Félix	71
II.	Débits caractéristiques.....	74
III.	Modalités d'écoulement et d'envasement	78
III.1.	Estimation de l'écoulement	78
III.2.	Modalités d'envasement.....	79
III.2.1.	Bathymétrie du tronçon navigable de l'Erdre : Profondeurs	79
III.2.1.	Evolution de l'envasement du lit mineur	82
III.2.2.	Temps de séjour	87
IV.	Expertise sédimentologique.....	88
IV.1.	Nature des fonds	88
IV.2.	Qualité des sédiments.....	89
ETAPE 3 : Synthèse et valorisation des données de la qualité de l'eau existantes		92
I.	Description du réseau de mesures de la qualité des eaux.....	92
II.	Evolution de la qualité de l'Erdre	94
II.1.	Paramètre phosphore	95
II.1.1.	Station sur l'Erdre à Candé	95
II.1.2.	Station sur l'Erdre à Nort-sur-Erdre.....	97
II.1.3.	Station sur l'Erdre à Sucé-sur-Erdre	98
II.2.	Paramètre nitrates	100
II.2.1.	Station sur l'Erdre à Candé	100

II.2.1.	Station sur l'Erdre à Nort-sur-Erdre.....	101
II.2.2.	Station sur l'Erdre à Sucé-sur-Erdre	101
II.3.	Paramètre chlorophylle a	102
III.	Evolution de la qualité des affluents.....	105
ETAPE 4 :	Apports endogènes et exogènes en phosphore et azote	110
I.	Les sources d'altérations à l'échelle du bassin versant d'alimentation	110
I.1.	Rappel sur les types de sources de Phosphore	110
I.2.	Rappel sur les types de sources azotées	112
II.	Les flux véhiculés par les cours d'eau	113
II.1.	Méthodologie.....	113
II.2.	Les flux en phosphore	113
II.3.	Les flux en azote nitrique	115
III.	La source en phosphore total et en azote global liée à l'assainissement collectif	117
III.1.	Estimation des flux en phosphore et en azote en sortie de station	117
III.1.1.	Méthodologie.....	117
III.1.2.	Estimation des flux en phosphore total.....	119
III.1.2.1.	Les flux sur l'année hydrologique à pluviométrie excédentaire	119
III.1.2.2.	Les flux sur l'année hydrologique à pluviométrie modérée	122
III.1.2.3.	Les flux sur l'année hydrologique à pluviométrie déficitaire.....	124
III.1.2.4.	Bilan sur l'estimation des flux en phosphore total issu de l'assainissement collectif	127
III.1.3.	Estimation des flux en azote global	128
III.1.3.1.	Les flux sur l'année hydrologique à pluviométrie excédentaire	128
III.1.3.2.	Les flux sur l'année hydrologique à pluviométrie modérée	132
III.1.3.3.	Les flux sur l'année hydrologique à pluviométrie déficitaire.....	134
III.1.3.1.	Bilan sur l'estimation des flux en azote global issu de l'assainissement collectif	136
III.2.	Les déversoirs d'orage et postes de refoulement.....	137
III.2.1.	Le poste général (PRG) des stations	137
III.2.1.1.	Cas d'un dysfonctionnement mécanique.....	137

III.2.1.2. Cas d'une surcharge hydraulique	139
III.2.2. Les autres postes de refoulement du réseau	140
IV. La source liée à l'assainissement non collectif	141
IV.1. Estimation des flux de phosphore à l'échelle de l'Erdre	141
IV.2. Estimation des flux en azote à l'échelle de l'Erdre	143
IV.3. Les rejets liés à l'activité industrielle.....	144
V. Synthèse sur les rejets liés à l'assainissement collectif et non-collectif	146
V.1. L'état du parc d'assainissement collectif	146
V.2. L'état du parc d'assainissement non collectif	148
V.3. Le poids de l'assainissement sur les apports en phosphore et azote	148
V.3.1. Bilan des apports annuels en phosphore	148
V.3.1. Bilan des apports annuels en azote	152
VI. Conclusion	155
ANNEXES.....	158
Annexe 1 : Evolution interannuelle des concentrations en phosphore total et en ortho-phosphates sur le bassin versant de l'Erdre.....	159
Annexe 2 : Evolution interannuelle des concentrations en nitrates sur le bassin versant de l'Erdre	163

8 Fiches actions annexées

Avant-propos

Le cours d'eau de l'Erdre, affluent rive droite de la Loire, a été utilisé jusqu'en 1970 comme voie navigable de premier ordre, donnant accès aux canaux bretons par l'écluse de Quiheix.

A la fin de l'apogée du transport fluvial, la partie navigable en aval de Nort-sur-Erdre a connu une évolution en formant un ensemble de sites récréatifs aquatiques. Le développement des activités diversifiées : aviron, canoë-kayak, voile, ski nautique et navigation touristique (bateaux mouches) a gagné l'ensemble des rives jusqu'au quai de Ceineray au cœur de Nantes.

Le bassin versant de l'Erdre, (Figure 1) a pour structure référente du SAGE Estuaire de la Loire, le syndicat mixte de l'Edenn.

L'Edenn mène des actions qui relèvent de trois thématiques : la biodiversité, l'eau, les usages. Elle a pour mission de coordonner les usages de l'Erdre, notamment autour de la navigation et de la sécurité. Ses actions concernent également l'amélioration de la qualité de l'eau avec pour problématique principale la réduction des rejets de produits phytosanitaires et du phosphore dans l'Erdre, considéré comme en "mauvais état écologique".

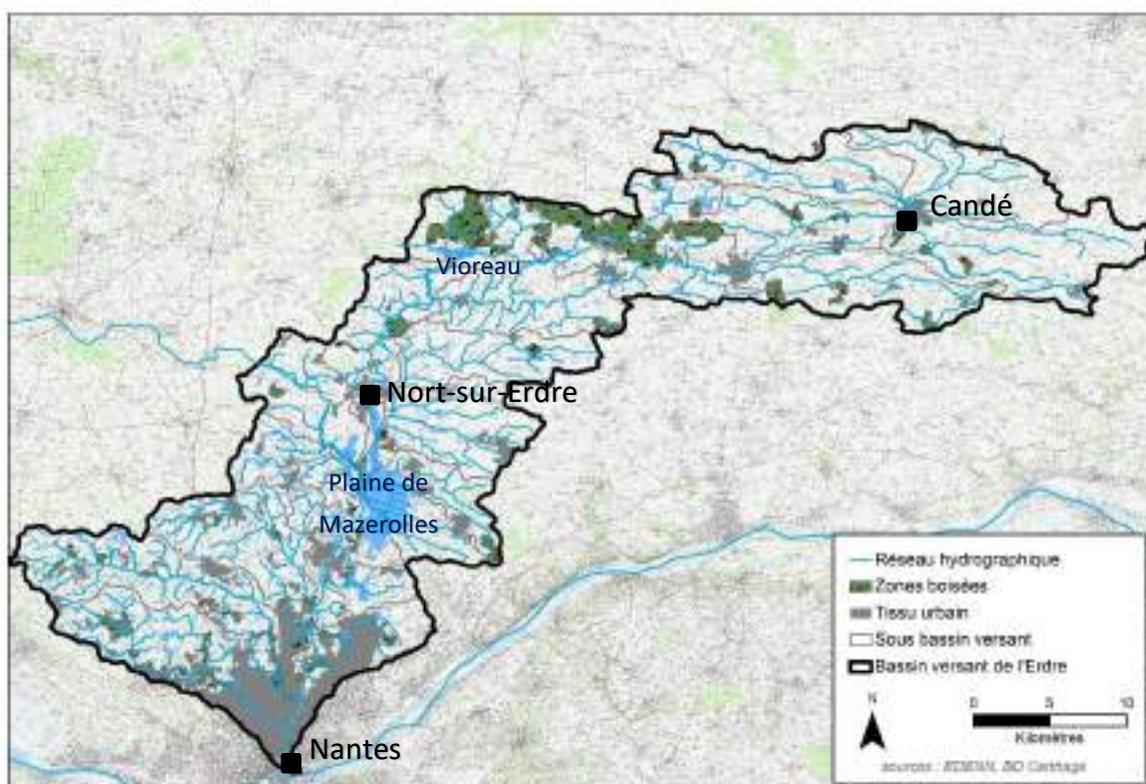


Figure 1 : Le bassin versant de l'Erdre, d'une surface de 974k m²

Depuis plusieurs années, l'Erdre voit ses eaux particulièrement dégradées en raison du risque bactériologique et du risque lié aux développements intempestifs de cyanobactéries. À la suite des dépassements récurrents du seuil de concentration en microalgues recommandés par l'Organisation Mondiale de la Santé en 2001, l'Edenn a lancé en 2002 une étude approfondie sur les cyanobactéries afin de comprendre les mécanismes qui contrôlent leur apparition et leur développement, pour identifier ensuite les actions de lutte qui limiteraient ces phénomènes.

Une première étude réalisée par SETUDE en 2003, a identifié les premiers éléments techniques et scientifiques sur l'apparition des blooms de microalgues.

L'étude estimait la contribution de l'assainissement à 4 % du flux d'azote véhiculé par l'Erdre. Cette contribution était estimée à 33% pour le flux de phosphore, le restant provenant des transferts diffus depuis les zones rurales.

En 2018, l'Edenn engage une nouvelle approche globale sur l'eutrophisation des eaux de surface du bassin versant de l'Erdre. La présente étude du phosphore « non agricole » est l'un des 3 volets de cette approche. La chambre d'agriculture développe le diagnostic agricole et Limnologie cherchera à expliquer la dynamique des cyanobactéries et la production de toxines.

Interfaces et Gradients se focalise ici sur les sources ponctuelles du phosphore à l'échelle du grand bassin versant de l'Erdre. Ce diagnostic cherchera à identifier les causes de la présence de cyanobactéries en forte concentration, intégrant le poids des flux hydriques et sédimentaires, en répondant aux points suivants :

- expliciter la variabilité interannuelle et spatiale des paramètres conditionnant au développement algal
- caractériser et évaluer l'impact des flux en phosphore et nitrates : éléments nutritifs contrôlant le niveau trophique de la masse d'eau
- définir le rôle des écoulements et de la stratification des eaux dans la répartition et l'apparition des cyanobactéries
- évaluer la capacité des sédiments à capter et à relarguer le phosphore

L'étude repose sur un état des lieux des suivis de la qualité de l'eau et des sources contributives en phosphore et azote sur le bassin versant.

Le croisement de ces données conduit à la recherche de causes à effet entre les activités humaines du bassin versant et la qualité résultante des eaux superficielles.

La quantification des apports (calcul des flux) permet de hiérarchiser les différentes sources et le poids des variations hydrologiques.

Cette analyse de la qualité de l'eau et la définition des flux sont ensuite étudiées au regard de l'évolution des concentrations en cyanobactéries par F.Pitois (Limnologie).

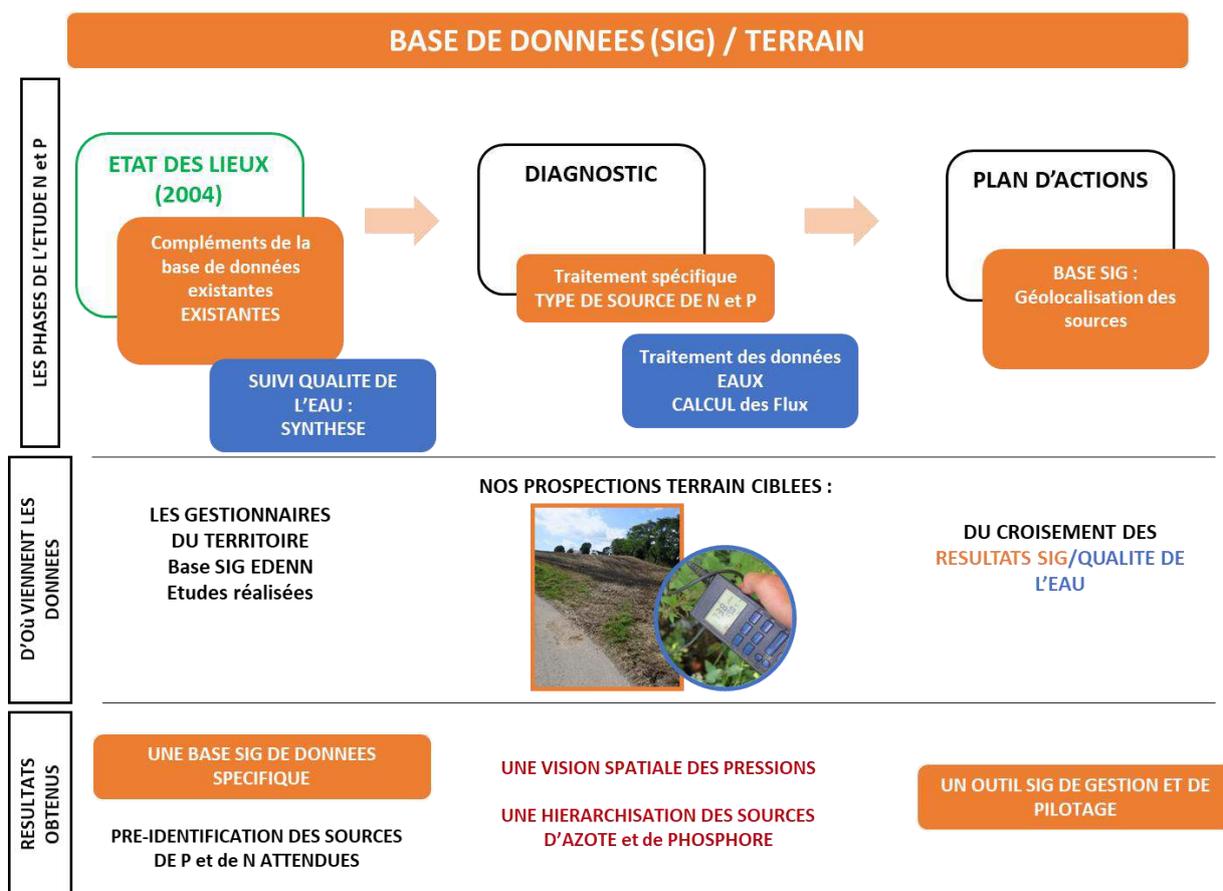


Figure 2: Approche méthodologique de l'étude (I&G 2019)

L'ensemble de l'information est recueilli et vient alimenter une base de données géoréférencée (SIG) qui devient l'outil de pilotage de l'étude, puis du futur programme d'actions de reconquête. (Figure 2).

Il intègre en partie les communes de la Métropole de Nantes, de la communauté de communes d'Erdre et Gesvres (CEEG), du Pays d'Ancenis (COMPA), Anjou Bleu Communauté, Hautes Vallées d'Anjou, Cœur d'Estuaire et de Castelbriantais.

I.2. Découpage en sous bassins versants

Edenn découpe son territoire d'investigation et d'action en 25 sous bassins versants. Ces ensembles sont issus d'un découpage topographique et hydrologique. Leur superficie varie entre 768 ha et 7 919 ha (Tableau 1).

Ce découpage en sous bassins versants de petite superficie est repris pour identifier, puis hiérarchiser les zones les sources de nutriments.

Tableau 1 : Découpage des sous bassins versants

Nom du bassin versant	Numéro du bassin versant	Surface (ha)
Le Mandit amont	0	4636
La Vallée amont	1	2573
Le Mandit aval	2	5309
La Vallée aval	3	1387
Barrage de Vioreau	4	7193
Le Croissel	5	5258
Le Baillou amont	6	3869
L'Erdre (le Baillou et le Gouard)	7	4354
La Pichonnière	8	1848
Le Gesvres	9	7919
Le Cens	10	6080
L'Erdre du ruisseau du Mandit au Croissel	11	4399
Le Rateau, le Pont Orioux et la Guinelière	12	4560
Mazerolles Sud	13	2248
L'Erdre (la Vallée, le Launay, l'Aufraine)	14	5016
Le Montagné	15	4288
Etang Hervé	16	2303
L'Erdre du ruisseau du Mandit à Mortève	17	3615
L'Erdre aval	18	2437
Le Canal de Nantes à Brest -La Grande Douve	19	3860
Les annexes de l'Erdre	20	3620
Mazerolles Nord - Ruisseau de Saint-Médard	21	2418
Le Mortève	22	812
Le Chavagne	23	768
L'Hocmard	24	5248
La Huppière	25	1428

Un second découpage est défini selon 3 grandes unités paysagères de bassin versant en rassemblant certains des 25 sous bassins versants (Figure 4). Ce découpage s'appuie également sur l'emplacement des 3 stations hydrométriques disponibles sur l'Erdre, associées aux stations de mesures de la qualité des eaux de surface.

SECTEUR AMONT : La grande unité hydrologique amont qui concerne l'Erdre de la source à la confluence du ruisseau le Croissel (Ruisseau du Mandit) couvre 29 000 ha.

SECTEUR MEDIAN : La grande unité hydrologique centrale regroupant l'Erdre, le ruisseau du Croissel, la rigole d'alimentation du canal jusqu'au ruisseau de Montagné est étendue sur 22 900 ha.

SECTEUR AVAL : La partie aval du bassin de l'Erdre intègre le canal de Nantes à Brest en rive droite et les ruisseaux du Rateau, du Pont Orioux et de la Guinelière en rive gauche, ainsi que le Gesvres et le Cens. Le secteur aval a une superficie de 45 500 ha.

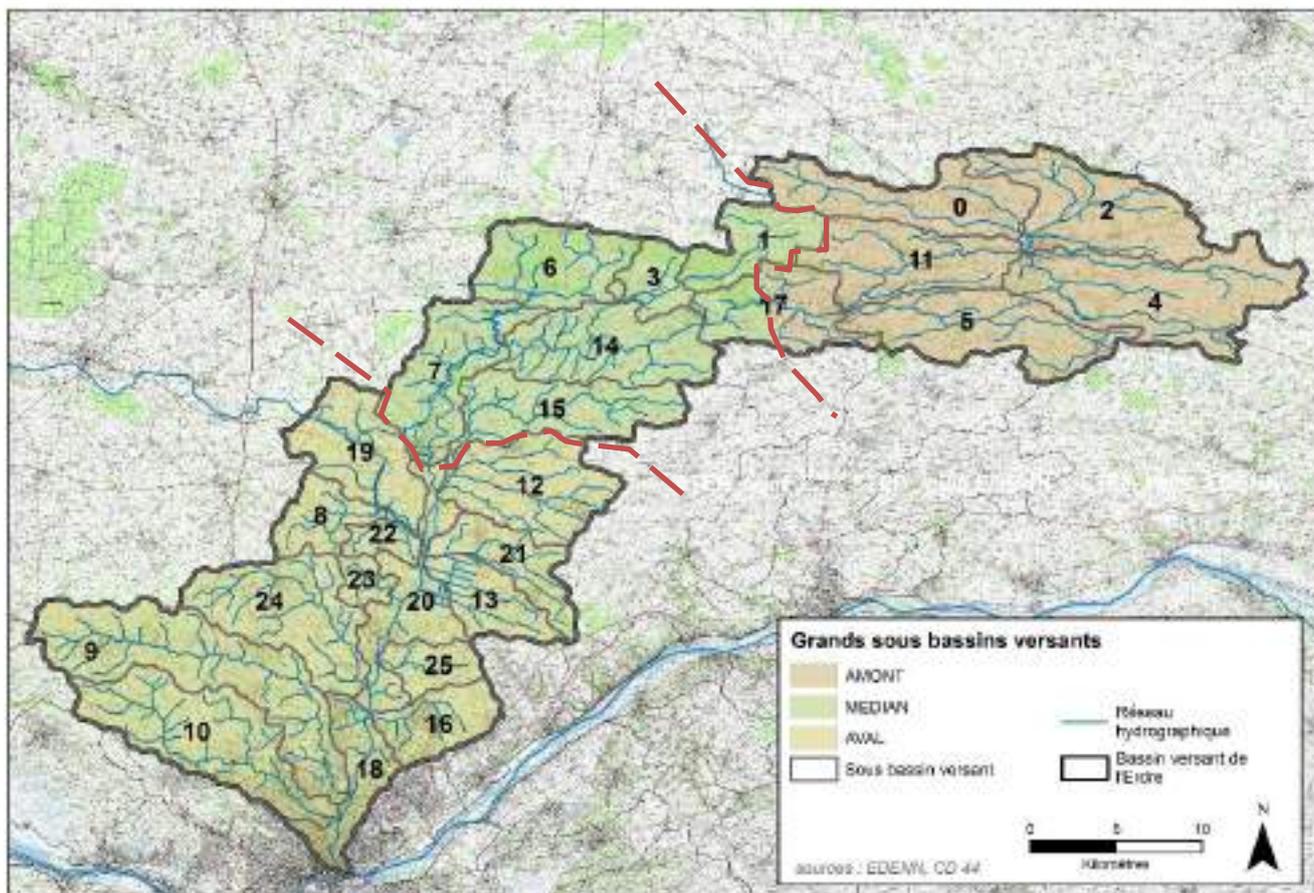


Figure 4: Découpage du bassin versant de l'Erdre en 3 unités hydrographiques

I.3. Découpage administratif et population

D'autres divisions du territoire seront prises en compte dans la recherche et l'exploitation des données relatives à l'assainissement des eaux usées et pluviales. Récemment, des évolutions significatives sont venues modifier les limites administratives, voire les noms, des communes et des EPCI.

Le territoire de l'Erdre amont, en Maine et Loire, intègre 7 communes depuis 2018, contre 10 avant 2016 (Tableau 2).

Anjou Bleu Communauté, anciennement Communauté Candéenne de coopérations intercommunales (avant 2017), comprend Angrie, Candé, Challain-la-Potherie, Chazé-sur-Argos et Loiré).

La communauté de communes des **Hautes Vallées d'Anjou**, anciennement Région du Lion d'Angers, intègre sur le territoire du bassin versant les communes : Erdre-en-Anjou et Val d'Erdre-Auxence.

Au premier janvier 2018, la commune de Freigné a intégré le périmètre de la **COMPA** dans le cadre de la création de la nouvelle commune Vallons de l'Erdre en Loire Atlantique.

Tableau 2 : Communes et EPCI du département de Maine-et-Loire (Insee)

Code INSEE 2015	Commune 2015	EPCI 2015	Code INSEE 2018	Commune 2018	EPCI 2018
49008	Angrie	C Candéenne de coopérations intercommunales	49008	Angrie	Anjou Bleu Communauté
49054	Candé		49054	Candé	
49061	Challain-la-Potherie		49061	Challain-la-Potherie	
49089	Chazé-sur-Argos		49089	Chazé-sur-Argos	
49178	Loiré		49178	Loiré	
49144	Freigné		44180	Vallons de l'Erdre	COMPA
49367	La Pouèze	CC Région du Lion d'Angers	49367	Erdre-en-Anjou	CC des Hautes Vallées d'Anjou
49367	Vern d'Anjou		49183	Val d'Erdre-Auxence	
49108	La Cornuaille				
49183	Le Louroux Beconnais				

En Loire-Atlantique, le BV de l'Erdre comprenait 43 communes avant 2016 et en compte dorénavant 39 en 2018 (Tableau 3). La plus importante fusion de communes réalisée depuis 2015 concerne Bonnoeuvre, Maumusson, Saint-Mars-la-Jaille, Saint-Sulpice-des-Landes et Vritz, ainsi que Freigné, pour donner lieu à la naissance de la commune Vallons de l'Erdre.

Tableau 3 : Communes et EPCI du département de Loire-Atlantique (Insee)

Code INSEE 2015	Commune 2015	EPCI 2016	Code INSEE 2018	Commune 2018	EPCI 2018
44203	Le Temple-de-Bretagne		44203	Le Temple-de-Bretagne	
44158	Saint-Étienne-de-Montluc		44158	Saint-Étienne-de-Montluc	
44065	Grand-Auverné	CC du Castelbriantais	44065	Grand-Auverné	CC du Castelbriantais
44031	La Chapelle-Glain		44031	La Chapelle-Glain	
44095	La Meilleraye-de-Bretagne		44095	La Meilleraye-de-Bretagne	
44121	Petit-Auverné		44121	Petit-Auverné	
44001	Abbaretz		CC Région de Nozay	44001	
44149	Saffré	44149		Saffré	
44027	Casson	CCEG	44027	Casson	CCEG
44066	Grandchamps-des-Fontaines		44066	Grandchamps-des-Fontaines	
44073	Héric		44073	Héric	
44205	Les Touches		44205	Les Touches	
44110	Nort-sur-Erdre		44110	Nort-sur-Erdre	
44111	Notre-Dame-des-Landes		44111	Notre-Dame-des-Landes	
44122	Petit-Mars		44122	Petit-Mars	
44179	Saint-Mars-du-Désert		44179	Saint-Mars-du-Désert	
44201	Sucé-sur-Erdre		44201	Sucé-sur-Erdre	
44209	Treillières		44209	Treillières	
44217	Vigneux-de-Bretagne		44217	Vigneux-de-Bretagne	
44077	Joué-sur-Erdre	COMPA	44077	Joué-sur-Erdre	COMPA
44028	Le Cellier		44028	Le Cellier	
44124	Le Pin		44124	Le Pin	
44082	Ligné		44082	Ligné	
44011	Belligné		44213	Loireauxence	
44107	Mouzeil		44107	Mouzeil	
44118	Pannecé		44118	Pannecé	
44144	Riaillé		44144	Riaillé	
44202	Teillé		44202	Teillé	
44207	Trans-sur-Erdre		44207	Trans-sur-Erdre	
44017	Bonnoeuvre		44180	Vallons de l'Erdre	
44093	Maumusson		44180		
44180	Saint-Mars-la-Jaille		44180		
44191	St-Sulpice-des-Landes		44180		
44219	Vritz		44180		
44026	Carquefou		44026	Carquefou	
44035	La Chapelle-sur-Erdre		44035	La Chapelle-sur-Erdre	
44094	Mauves-sur-Loire	Nantes Métropole	44094	Mauves-sur-Loire	Nantes Métropole
44109	Nantes		44109	Nantes	
44114	Orvault		44114	Orvault	
44194	Sautron		44194	Sautron	

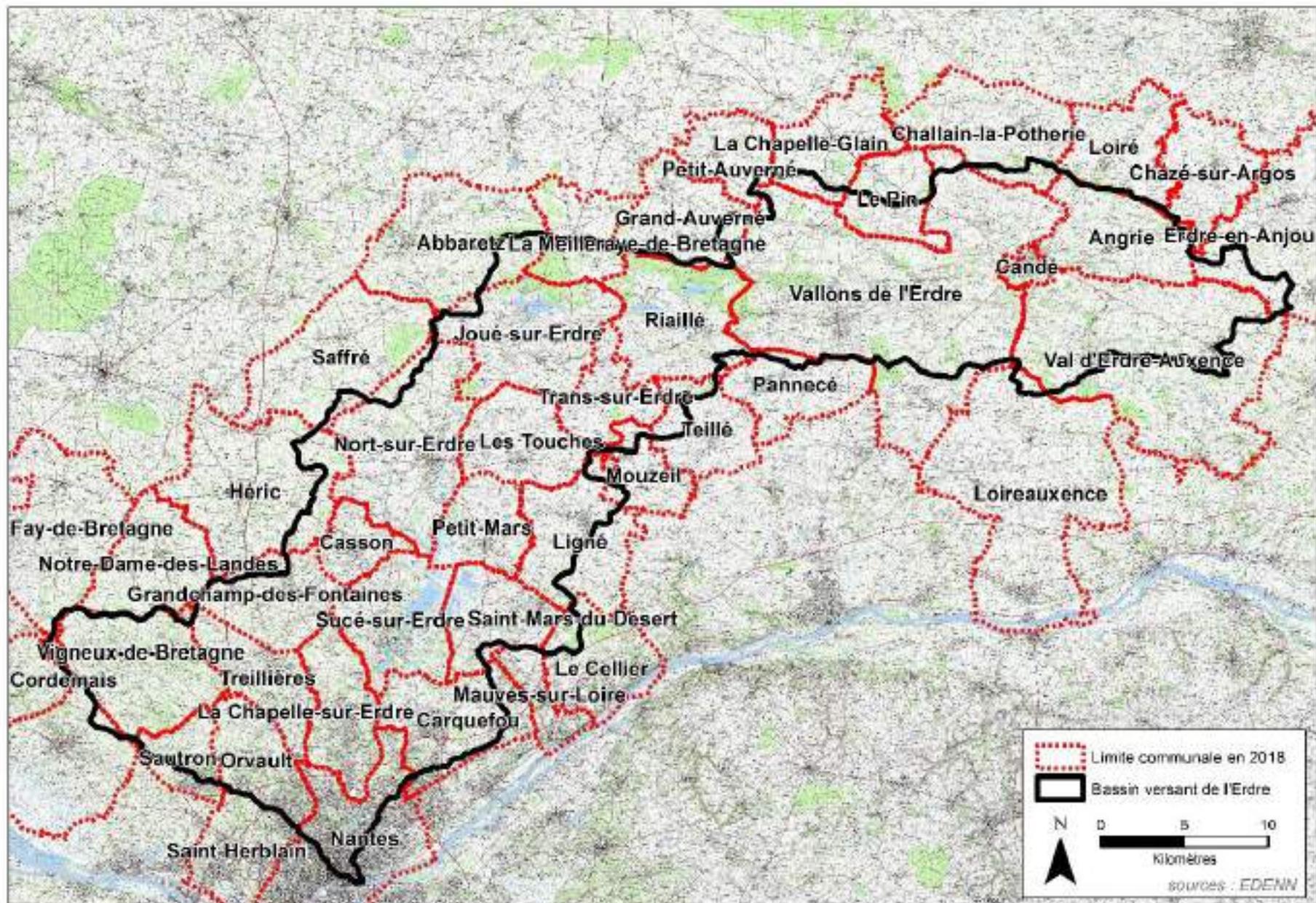


Figure 5 : Localisation des communes du bassin versant de l'Erdre

La population totale habitant sur le bassin versant de l'Erdre atteignait 246 000 habitants en 2013 et 254 000 habitants en 2015 (source Edenn).

Les communes les plus peuplées intègrent la Métropole de Nantes et sa périphérie. Les communes de La Chapelle-sur-Erdre, Carquefou, Nantes, Orvault et Saint-Herblain ont une population supérieure à 10 000 habitants en 2015 (Figure 6).

Les communes Vern d'Anjou, Grandchamps-des-Fontaines, Héric, Vigneux de Bretagne, Ligné, Saint-Etienne-de-Montluc, Sucé-sur-Erdre, Belligné, Sautron, Nort-sur-Erdre et Treillières comptabilisent au minimum 5 000 habitants par commune en 2015. La nouvelle commune Vallons de l'Erdre créée en 2018 regroupait 6 627 habitants en 2015.

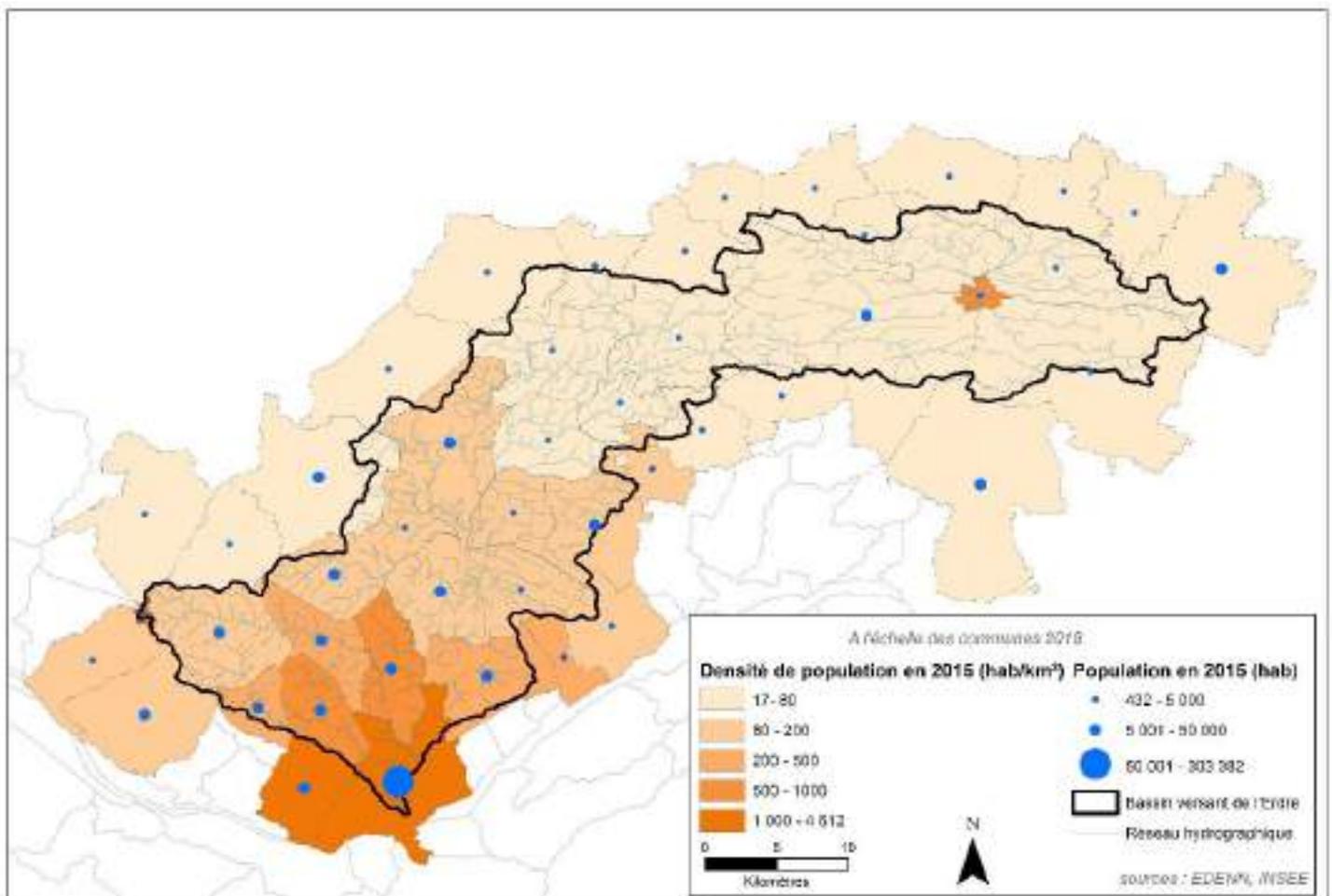
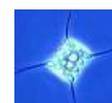


Figure 6: Population et densité en 2015 sur les communes de 2018 (Insee, Edenn)

En amont, le territoire de l'Erdre sur le département de Maine-et-Loire est faiblement peuplé. En 2015, les deux anciennes communes La Cornuaille et La Pouéze qui comptaient à elles seules 61% de la population (sur 17 092 habitants) de ce secteur.

En Loire-Atlantique, le nombre de la population et sa densité démographique par commune augmente en direction de la région nantaise est observable (Gradient Nord – Sud).



La commune de Saint-Mars-la-Jaille incluse dans la nouvelle commune de Vallons de l'Erdre constitue également un pôle démographique sur le secteur amont.

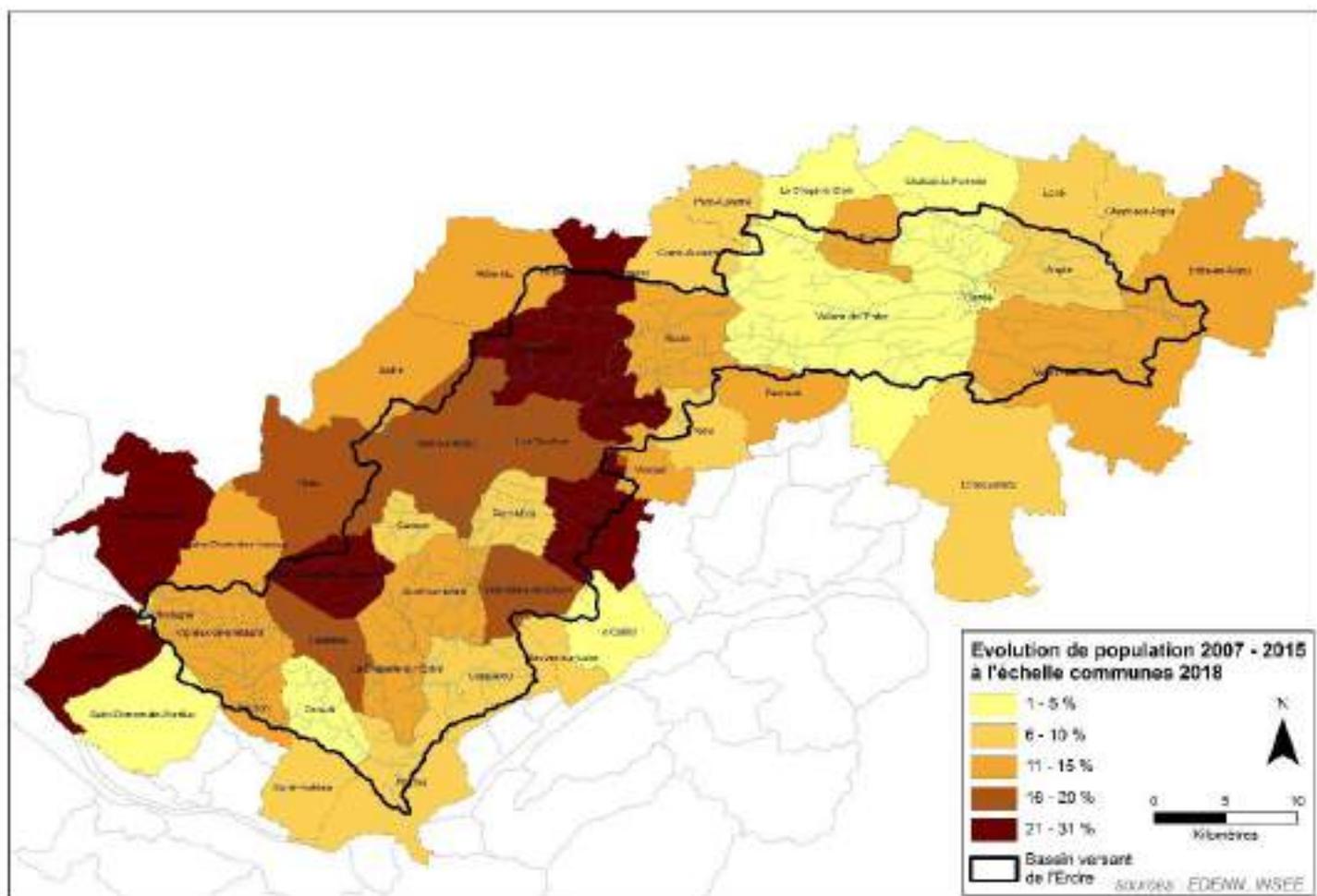


Figure 7: Evolution de la population entre 2007 et 2015 des communes de 2018 (Insee)

Une croissance moyenne de 9% de la population est estimée entre 2007 et 2015 (Figure 7).

Les communes telles que Grandchamps-des-Fontaines, Cordemais et Ligné ont connu les plus grandes croissances démographiques (30%), tandis que l'évolution démographique sur les communes centrales et extrêmes amonts du bassin versant dépasse légèrement les + 10%.

Le bassin versant de l'Erdre, d'une superficie de 974 km², est à cheval sur la Loire-Atlantique et le Maine et Loire, dont il intègre 40 communes dans son périmètre. La densité démographique croit du Nord au Sud, avec la métropole de Nantes située à son exutoire (dans la Loire). La métropole génère une pression démographique en direction du Nord. L'évolution de la population a été la plus élevée sur les communes en périphérie de la métropole, soit la partie centrale du bassin versant de l'Erdre.

II. Les usages sur le bassin versant de l'Erdre

II.1. Activités récréatives

Le bassin versant de l'Erdre, par sa caractéristique hydraulique proche de celle d'un plan d'eau, a permis le développement de plusieurs activités de loisirs en plein air.

Les activités nautiques s'exercent sur l'ensemble un peu partout sur le bassin versant de l'Erdre, à l'exception des réserves de pêches. L'Erdre aval est classé en cours d'eau de seconde catégorie. L'Erdre a un potentiel originel d'un contexte piscicole Cyprinicole. Dans ce domaine, les caractéristiques naturelles du milieu conviennent aux exigences des cyprinidés d'eau calmes et à leurs prédateurs, ici le poisson repère est le Brochet. La pêche professionnelle est exercée par deux pêcheurs, qu'ils se partagent en 5 lots de la rivière situés entre Nort-sur-Erdre et Carquefou et celui de l'étang de la Provostière. L'activité est pratiquée dans les marais de Mazerolles. L'AAPPMA implanté sur le bassin gère les populations piscicoles sur le territoire. Plusieurs étangs et secteur de marais proposent des journées de pêche (étang de Bonnœuvre, le canal de Nantes à Brest, étang du Clos, les Hautes Vallées de l'Erdre) (Edenn).

La navigation développée depuis le IVème siècle, pour des objectifs commerciaux dans un premier temps, a laissé place au tourisme fluvial avec la navigation de passagers et de plaisance sur la partie aval navigable de la rivière.

De nombreux sports sont pratiqués : la voile, le canoë, le kayak, la planche à voile ou encore l'aviron (Figure 8). Ils sont notamment exercés tout le long de l'Erdre navigable, avec des zones de plus fortes influences, telles la Plaine de la Poupinière, la Plaine de Mazerolles, à Sucé-sur-Erdre, Port Breton et à la Jonelière (Figure 9).

L'ARS a lancé en 2001 un programme de suivi des eaux de baignade et des zones d'activités nautiques sont organisées, basée sur la surveillance des cyanobactéries. En cas d'enjeux sanitaires avérés lors des campagnes de mesures in situ, les pratiques nautiques peuvent être soumises à une interdiction (Edenn).



Figure 8 : Base nautique sur l'Erdre

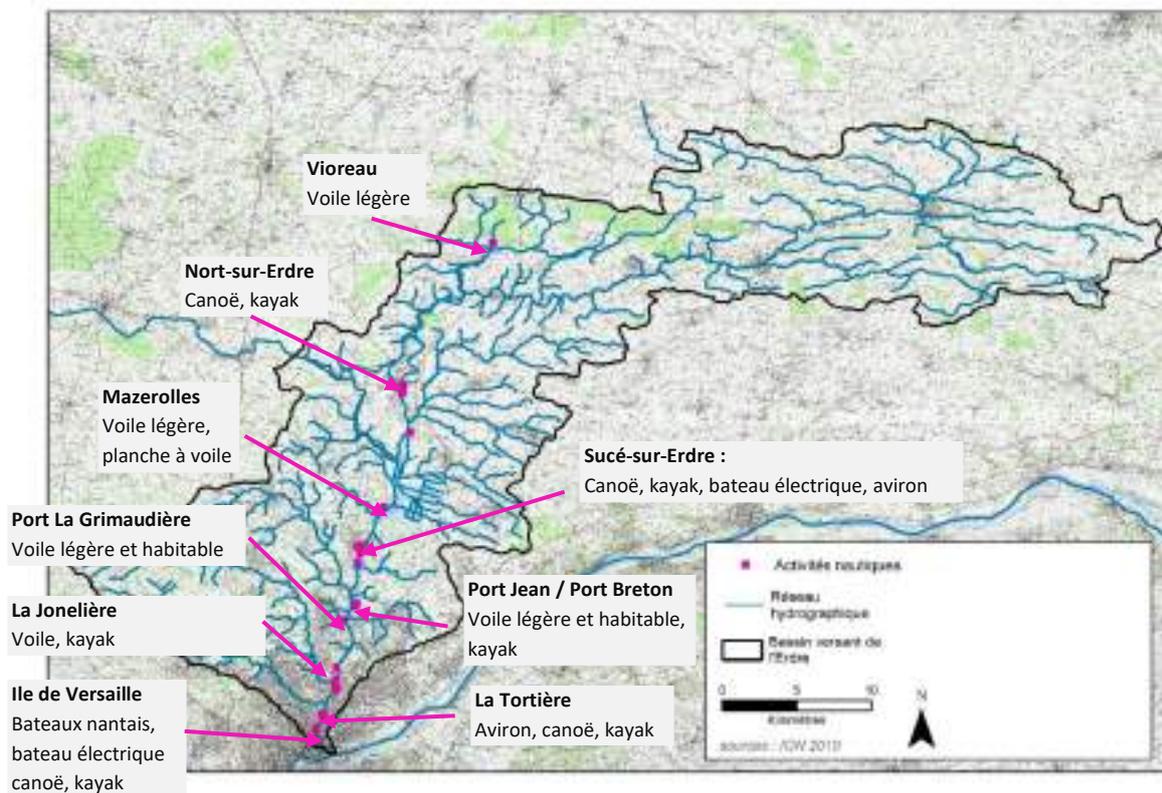


Figure 9 : Localisation des bases nautiques

Selon le classement 2018, la qualité des eaux de baignade de Vioreau a été classée suffisante. En 2017, ce site était fortement impacté par les contaminations microbiologiques ainsi qu'au développement des cyanobactéries. La mise en place de mesures de gestion ont permis d'améliorer la qualité des eaux.

La baignade est en revanche interdite sur l'Erdre en raison du problème de transparence de l'eau et de la sécurité.

II.2. L'eau potable

La potabilisation est un enjeu sanitaire, puisque ce type d'usage de l'eau peut toucher la santé publique de l'ensemble des habitants du territoire. L'évaluation de la qualité des eaux brutes est donc réglementée pour garantir une eau distribuée qui entre dans les critères de salubrité, selon l'article L. 1321-1 du code de la Santé Publique.

L'alimentation en eau potable est gérée par 11 structures compétentes qui ont chacune leur Unités de Gestion et d'Exploitation (UGE), elles-mêmes découpées en Unité de Distribution (UDI). Il existe 8 regroupements intercommunaux et 3 communes indépendantes (Tableau 4).

Tableau 4 : Compétences pour la distribution en eau potable (Edenn)

Dépt.	UGE	Nbr communes adhérentes	Nobr d'ouvrages (captage ou prise d'eau)	population desservie	Distribution
44	Nantes Métropole	24	3	595 902	Nantes Métropole
44	SIAEP de la région d'Ancenis	27	4	26 080	VEOLIA Eau
44	SIAEP de la région de Nor-sur-Erdre	23	7	34 731	SAUR France
44	SIAEP du bassin de Campbon	7	inconnu	9 261	VEOLIA Eau
44	SIAEP du Pays de la Mée	22	3	12 833	VEOLIA Eau
44	SIAEP du Sillon de Bretagne	8	inconnu	14 636	VEOLIA Eau
49	Freigne	1	2	1 161	Freigne
49	La Cornuaille	1	inconnu	916	SAUR France
49	Le Louroux-Beconnais	1	2	2 733	Le Louroux-Beconnais
49	SIAEP du Segréen	32	5	37 741	SAUR France
49	SIAEP Loire Beconnais	11	3	16 082	SIAEP Loire Beconnais

L'eau distribuée sur le bassin versant provient de 23 captages par prises d'eau mais seuls 14 sont localisés sur le bassin versant de l'Erdre.

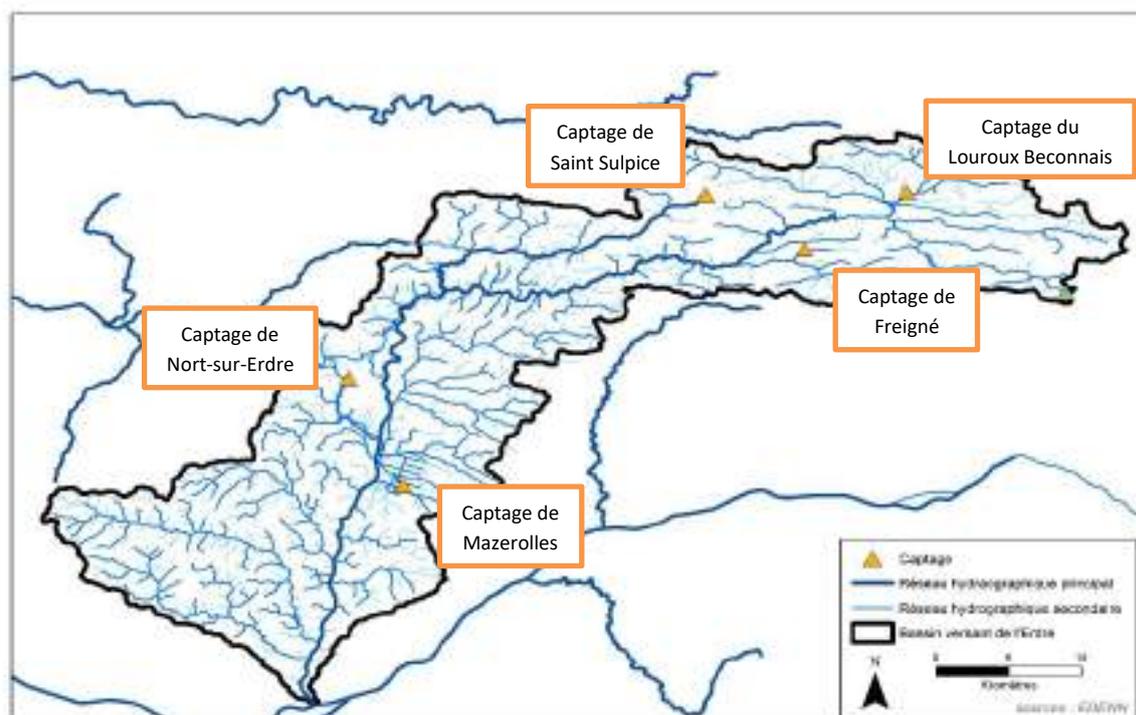


Figure 10 : Localisation des captages AEP

L'ensemble des captages du périmètre, en raison d'apports en éléments chimiques perpétuels, ont été classés comme prioritaires par le SDAGE Loire-Bretagne 2016- 2021, hormis ceux de Mazerolles à Saint-Mars-du-Désert et de Saint-Sulpice (Edenn).

Les captages prioritaires sont soumis à la procédure ZSCE (Zones Soumises à Contrainte Environnementale), selon l'art L211-3 du code de l'environnement. Le préfet prend 2 arrêtés, l'un définissant la zone de protection de l'aire d'alimentation du captage, l'autre définissant le programme d'actions à mettre en œuvre dans cette zone. Certaines mesures du programme peuvent être rendues obligatoires par un troisième arrêté (Edenn).

L'Erdre aval, par sa caractéristique hydraulique proche de celle d'un plan d'eau, a permis le développement de plusieurs activités de loisirs en plein air : la pêche, la navigation de passagers et navigation de plaisance. Des sports tels que la voile, le canoë, le kayak, la planche à voile ou encore l'aviron y sont pratiqués. La baignade est en revanche interdite sur l'Erdre. D'autres usages sont présents tels que le prélèvement des eaux destinées à l'alimentation.

III. Contexte géologique

Le contexte géologique conditionne en partie les types d'occupation du sol. Les processus de formation du sol et leur typologie sont influencés par la nature de la roche-mère, qui constitue le sous-sol. L'altération de ces matériaux anciens va impacter la granulométrie, la texture, la perméabilité, le pH mais aussi la fertilité chimique du sol. De plus, ces caractéristiques géologiques permettent d'expliquer le régime hydraulique.

Le territoire de l'étude est composé de formations protérozoïques qui s'inscrivent dans le domaine sud du Massif Armoricain, domaine de socle à l'histoire complexe, caractérisé par de longues périodes sédimentaires entrecoupées d'épisodes tectoniques, métamorphiques, plutoniques et volcaniques (Figure 11).

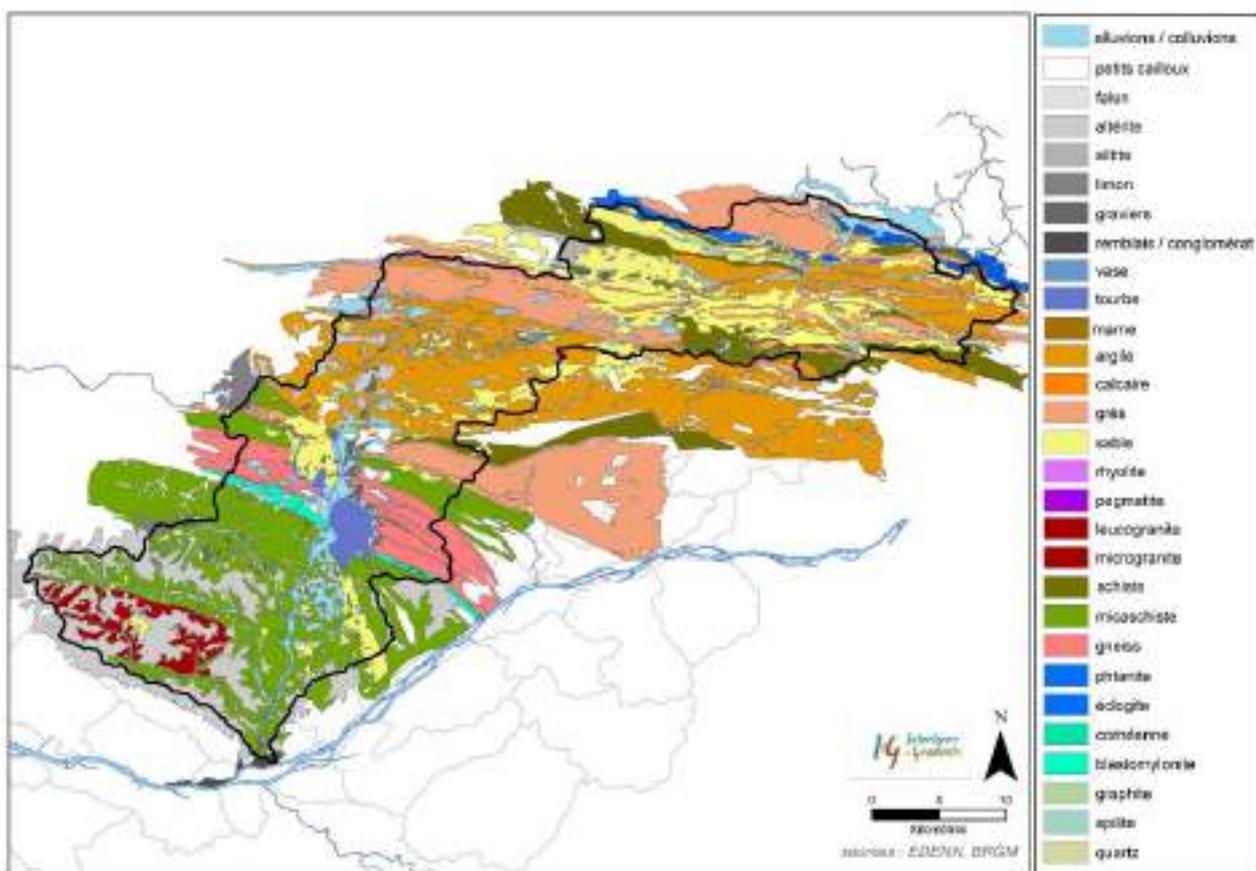


Figure 11 : Géologie du bassin versant de l'Erdre (BRGM)

Reposant dans la zone géologique ligérienne, le bassin est découpé en différents domaines structuraux qui suivent la faille inverse Est-Ouest située au niveau des marais de Mazerolles. Cette zone de faille est marquée par la présence de roches métamorphiques type gneiss accompagnés de roches cornéennes et blastomylonites. Au niveau des marais, des gisements de tourbe.

Deux grands zonages se distinguent à la limite de cette faille :

Sur le sous bassin versant amont (jusqu'à la commune de Nort-sur-Erdre), le socle est principalement recouvert d'anciens sédiments gréseux et argileux de formation protérozoïque. Ces sédiments, une fois plissés et métamorphisés, forment du schiste. On retrouve ainsi des zones fragmentées schisteuses. Du grès armoricain du paléozoïque est notamment prépondérant sur les hautes altitudes de ce sous bassin versant amont. Puis des dépôts sédimentaires de l'Ordovicien au Dévonien tels que les sables (roche des aquifères) apportés.

Les couvertures d'altération (sols schisteux) ou bien les sédiments argilo-sableux en amont, conduisent à l'infiltration de l'eau. Les cours d'eau sont majoritairement secs en été. Lors d'épisodes pluvieux combinés à une sensibilité marquée au ruissellement érosif, le contexte lithologique limono-sableux est peu perméable. Il induit des apports en phosphore vers le réseau hydrographique.

Le sous bassin versant aval (Nort-sur-Erdre jusqu'à l'exutoire) repose préférentiellement sur des roches sédimentaires de type schisteux. Un substrat plutonique du Paléozoïque inférieur type granitique est présent au sud-ouest sur les hautes altitudes. Les formations du substratum granitique ou micaschisteux ont une meilleure perméabilité, permettant une pérennisation des cours d'eau en période estivale. Le cours d'eau assure un rôle de drainage des eaux souterraines. Le débit d'étiage des cours d'eau doit donc venir du drainage des aquifères.

Les formations les plus récentes du Pléistocène-Pliocène sont représentées par des dépôts périglaciaires, des placages de limons éoliens loessiques et des alluvions fluviales (sable, graviers et argiles) qui tapissent le fond du réseau hydrographique. Les formations alluviales présentent des propriétés hydrodynamiques moyennes à bonnes.

Le bassin versant de l'Erdre s'inscrit dans le domaine sud du Massif Armoricain. Il est caractérisé par 3 grandes unités géologiques, qui influencent l'hydrologie sur les 3 sous bassins versants :

- amont : Schiste, sédiments argilo-sableux, favorisant l'infiltration de l'eau (cours d'eau à sec été)
- central : Grès, sédiments argilo-sableux, favorisant l'infiltration de l'eau (cours d'eau à sec en été)
- aval : Roche métamorphique (gneiss, micaschiste) et roche plutonique (granite), favorise le maintien du débit d'étiage des cours d'eau

IV. Topographie

Le bassin versant amont de l'Erdre s'intègre dans le domaine sud du Massif Armoricain. La morphologie de ce territoire s'étend sur une région modérément accidentée puisque l'altitude varie de +174 m NGF au Nord-Est à +8 m NGF dans la vallée de l'Erdre. Cette partie haute correspond aux terrains sédimentaires (grès) (Figure 12). La partie extrême nord présente un relief qui varie entre +40 et +90 m NGF. Une ligne de roche gréseuse plus résistante est principalement occupée par des forêts et bosquets.

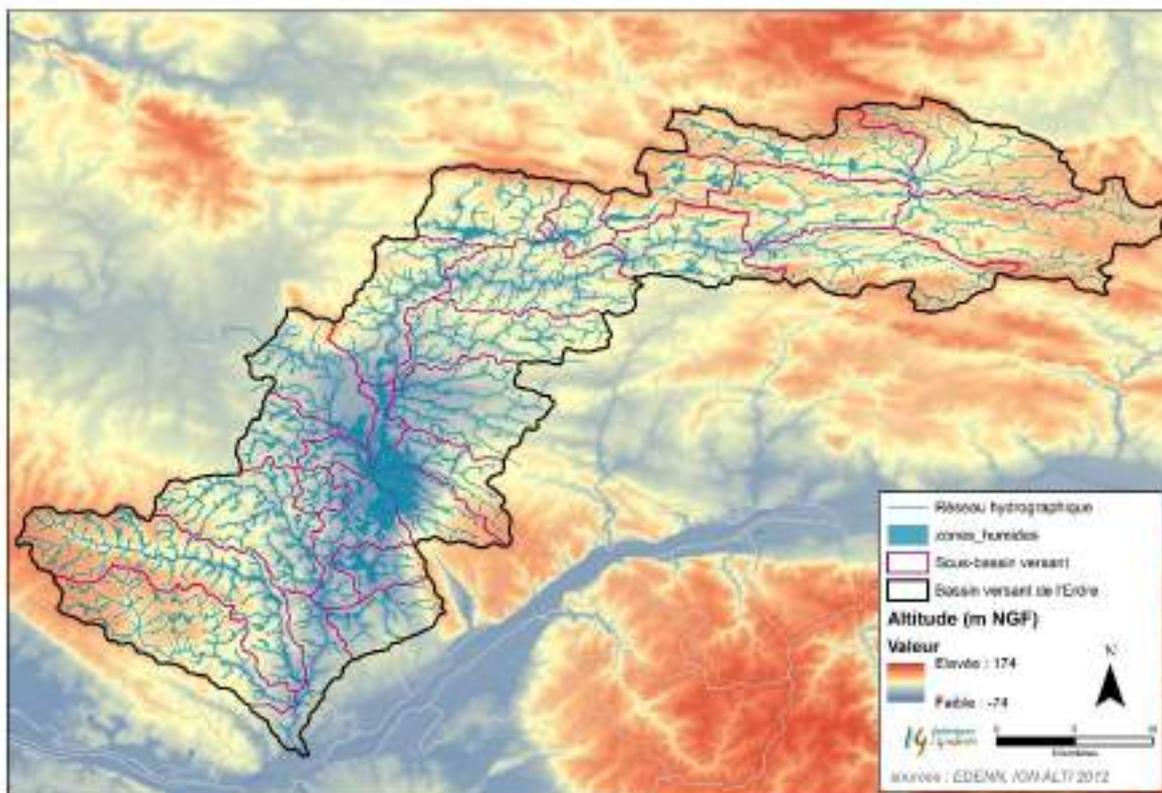


Figure 12 : L'altimétrie (en m NGF) sur le bassin versant de l'Erdre (IGN ALTI 2012)

La zone de dépression centrale où l'Erdre draine les roches protérozoïques suit une direction Nord – Sud. La pente du cours d'eau principal et de la vallée de l'Erdre est alors moins importante. L'altitude du lit de l'Erdre au niveau des marais de Mazerolles est égale à +5 m NGF. Un encaissement transversal est observable à l'endroit de la faille inverse au nord des marais, où se situent notamment les bandes de roches schisto-gréseuses.

Le bassin versant aval est caractérisé au sud-ouest par une zone de rehaussement de l'altitude relative à la présence par les formations rocheuses granitiques. La pente moyenne sur le bassin versant reste faible, de l'ordre de 0,1 %. Sur la partie amont « naturelle » jusqu'à Nort-sur-Erdre, présente une pente moyenne de 2‰. Sa partie aval a une pente de 0,1‰.

Le bassin versant de l'Erdre présente une zone de dépression sur partie centrale et aval, avec une faible pente de 0,1%. Sur la partie amont « naturelle », la pente moyenne est de 2%. L'ensemble du bassin versant de l'Erdre a une faible pente, de l'ordre de 0,1 %.

V. Contexte climatique

Le bassin versant de l'Erdre est soumis aux influences océaniques tempérées. Les conditions sont douces et la pluviométrie est fréquente mais peu intense. La période de juin à septembre est plus sèche (environ 50 mm en moyenne de pluies). Les précipitations sont maximales en hiver (de l'ordre de 90 mm par mois), entre les mois d'octobre et de janvier (10) : elles provoquent à la fois la reprise des débits dans les cours d'eau et la remontée du niveau piézométrique des nappes souterraines.

Les précipitations annuelles moyennes sont de l'ordre de 810 mm (moyenné sur 2000-2017) sur le bassin versant de l'Erdre d'après la station météorologique de référence située à Nantes-Bouguenais (Figure 13).

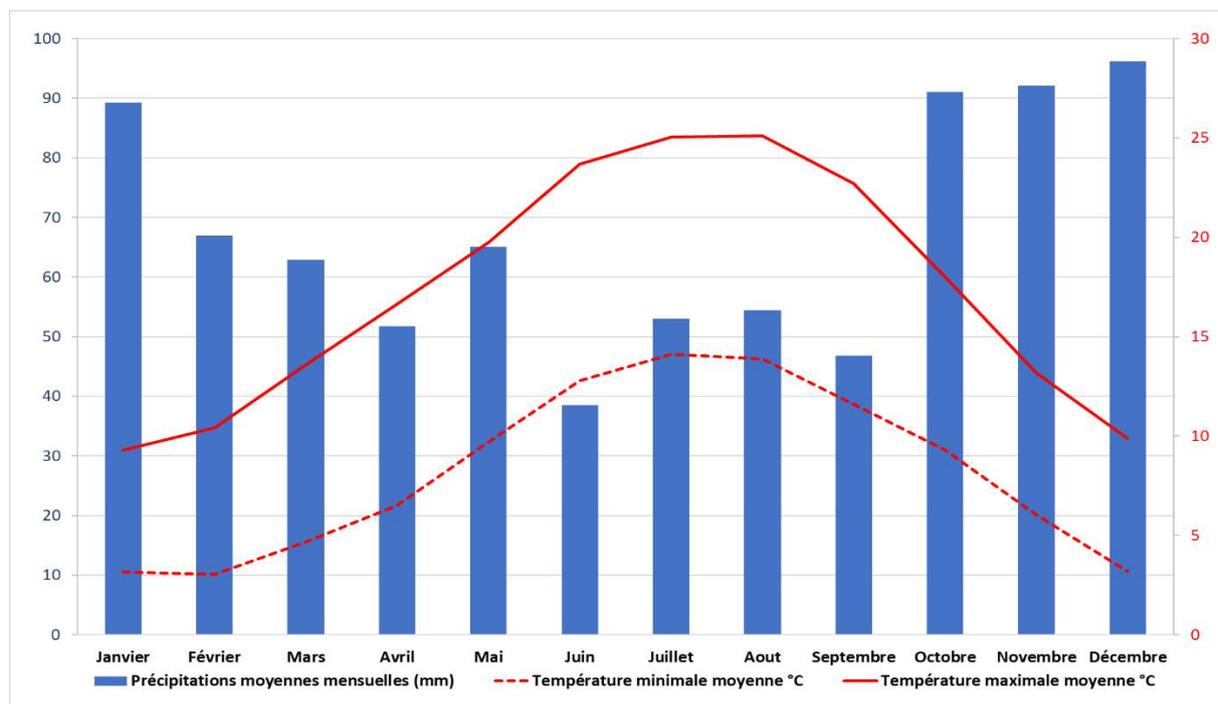


Figure 13 : Précipitations mensuelles à Nantes sur la période 2000-2017 (prevision-meteo.ch)

Depuis les années 2000, une succession de périodes sèches et humides a été observée venant perturber cette succession du cycle hydrologique classiquement rencontrée sous le climat océanique nord-ouest (Figure 14). Les années 2000-2001, 2001-2002, entre 2006 et 2009,

ainsi qu'entre 2012 et 2014, sont considérées comme des contextes moyennement humides. Au contraire, des années comme 2015 et 2016 ont notamment vu un prolongement très tardif des conditions d'été en fin d'année civile (Figure 15).

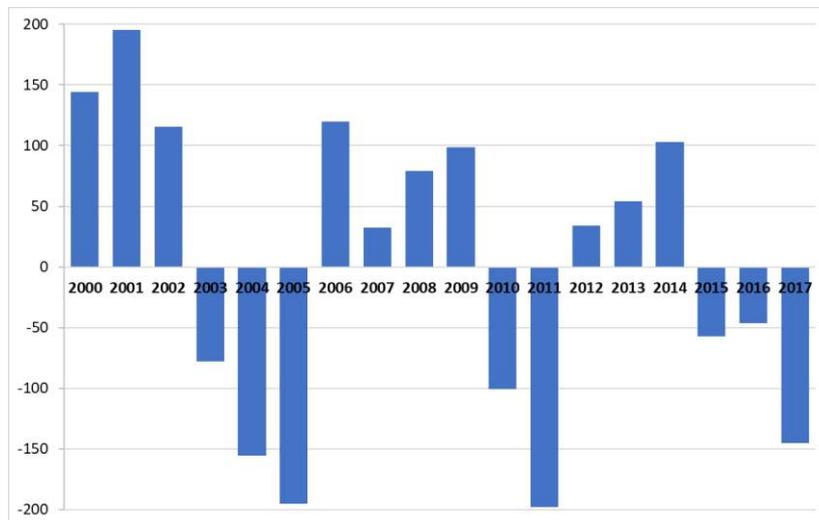


Figure 14 : Ecart à la moyenne interannuelle des cumuls annuels (mm) de 2000 à 2017 (prevision-meteo.ch)

Un mois de novembre 2011 en deçà de la moyenne interannuelle (33 mm contre 92 mm).

Le mois de décembre 2015 prolonge cette période de basses eaux, avec une reprise seulement à partir du 21 décembre. Le cumul sur ce mois de décembre 2015 n'est alors que de 47 mm contre 96 mm en moyenne interannuelle.

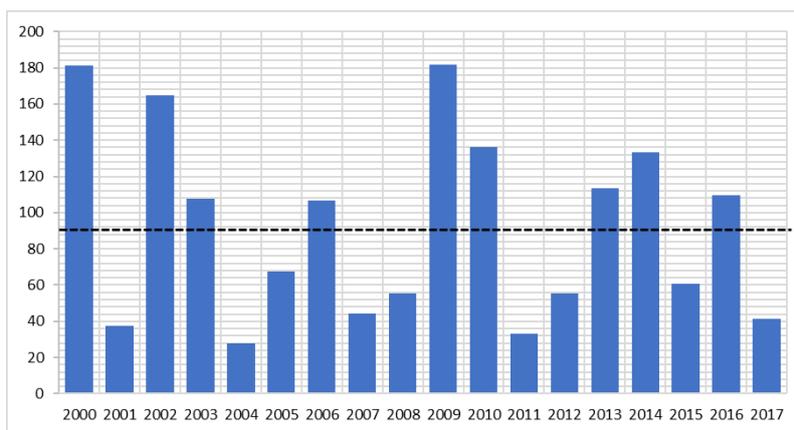
Le mois de décembre 2016, exceptionnellement sec avec moins de 10 mm de pluie cumulée, vient aggraver le déficit pluviométrique enregistré depuis septembre 2016.

Pour l'année hydrologique 2015-2016, la reprise des débits dans les cours d'eau ne reprend qu'à la fin du mois de décembre et est réellement engagée en janvier 2016, avec de fortes pluies et un cumul qui est proche du double du cumul interannuel pour ce mois de janvier (155 mm).

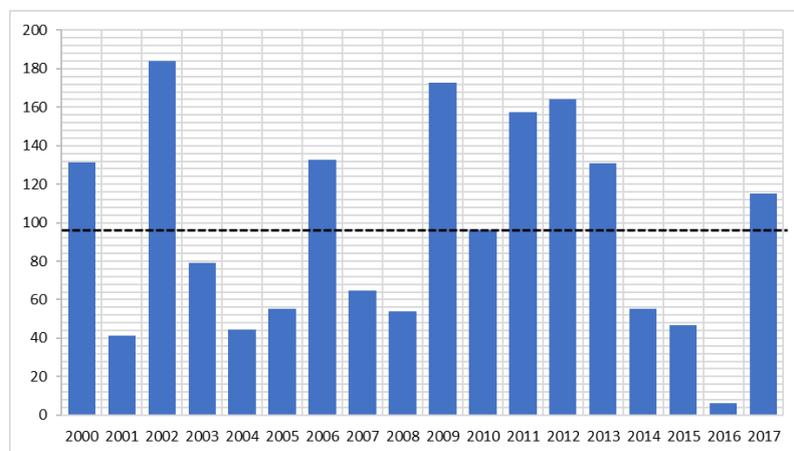
Le bassin versant de l'Erdre est soumis aux influences océaniques tempérées avec :

- une pluviométrie fréquente mais peu intense : 810 mm moyen/an
- une période sèche entre juin et septembre, une période humide intense entre octobre et janvier
- année à pluviométrie déficitaire : 2000 à 2002, 2006 à 2009, 2012 à 2014
- année pluviométrie excédentaire : 2003 à 2005, 2010 à 2011, 2015 à 2017

Pluviométrie des mois de novembre :



Pluviométrie des mois de décembre



Pluviométrie des mois de janvier

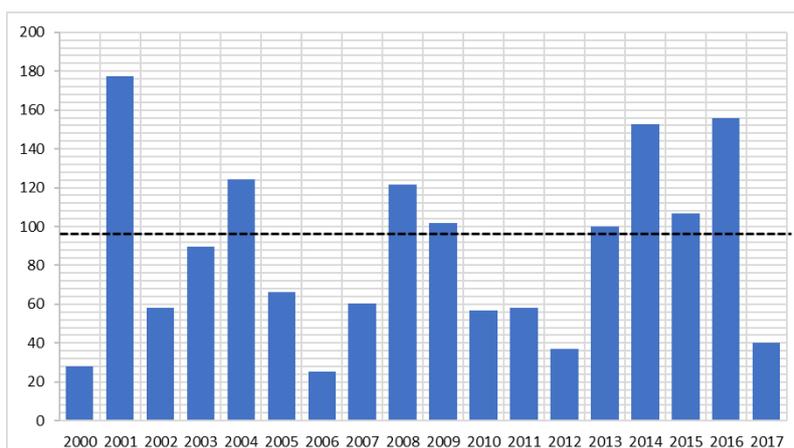


Figure 15 : Focus sur l'évolution des précipitations mois par mois, pour novembre, décembre et janvier observée à Nantes sur la période 2000-2017 (prevision-meteo.ch)

VI. Contexte hydrologique et hydrogéologique

VI.1. Réseau hydrographique

Le linéaire total de l'Erdre et ses cours d'eau s'étend sur 830 km, de La Pouëze au niveau de l'étang du Clairêt à son exutoire dans la Loire. Sur la partie amont (de sa source à Nort-sur-Erdre), dite l'Erdre "naturelle", le régime fluvial est marqué. Sur ce secteur, le cours d'eau s'écoule sur 45 km d'Est en Ouest. Le cours d'eau amont a une pente moyenne assez faible (2‰) se traduisant par des sections naturellement lenticques et méandriformes (Figure 18).

La partie aval du cours d'eau (de Nort-sur-Erdre à l'écluse Saint Félix) suit une direction Nord-Sud. Elle constitue le dernier bief du canal de Nantes à Brest et correspond à l'Erdre "navigable" artificiellement lenticque (Figure 17). La régulation du niveau d'eau au niveau de l'écluse de Saint-Félix à Nantes, entraîne l'envasement de la zone des marais de l'Erdre, appelée Plaine de Mazerolles. Le cours d'eau sur 25km prend les caractéristiques d'un plan d'eau avec une pente de 0,1‰.



Figure 16 : Le régime lenticque de la Plaine de Mazerolles

L'Erdre est alimentée par de nombreux affluents dont les plus importants se situent en rive droite. Ces derniers sont le Cens, le Gesvres, l'Hocmard, le canal de Nantes à Brest (Figure 17). En rive gauche, les affluents sont le Verdier, le Croissel et le ruisseau du Pont Ménard.



Figure 17 : Canal de Nantes à Brest

La partie aval du bassin versant de Nantes à Sucé-sur-Erdre reposant sur un substrat granitique et de micaschiste, est caractérisée par des affluents pérennes. Tandis que l’amont du bassin versant présente des affluents de petites tailles caractérisés par des ravins et des vallons secs puisque le substrat est schisto-sableux

Sur le bassin versant de l’Erdre est recensé 12 masses d’eau superficielles, dont 9 cours d’eau et 3 plans d’eau (Tableau 5). Il existe 2 masses d’eaux souterraines sur le bassin versant : Nort-sur-Erdre FRGG139 et Mazerolles FRGG140.

Tableau 5 : Recensement des masses d'eau superficielles sur le bassin versant de l'Erdre

Code Masse d'eau	Libellé masse d'eau	Type
FRGR0539a	L'ERDRE ET SES AFFLUENTS DEPUIS LA SOURCE JUSQU'AU PLAN D'EAU DE L'ERDRE	Cours d'eau naturel
FRGR0539b	L'ERDRE DEPUIS LE PLAN D'EAU DE L'ERDRE JUSQU'À L'ESTUAIRE DE LA LOIRE	Cours d'eau fortement modifié
FRGR2220	LA DECHAUSERIE ET SES AFFLUENTS DEPUIS LA SOURCE JUSQU'À LA CONFLUENCE AVEC L'ERDRE	Cours d'eau naturel
FRGR2225	LE RUISSEAU DES VALLEES ET SES AFFLUENTS DEPUIS LA SOURCE JUSQU'AU CANAL DE NANTES A BREST	Cours d'eau naturel
FRGR0540	LE HOCMARD ET SES AFFLUENTS DEPUIS LA SOURCE JUSQU'À MA CONFLUENCE AVEC L'ERDRE	Cours d'eau naturel
FRGR1551	L'ETANG HERVE ET SES AFFLUENTS DEPUIS LA SOURCE JUSQU'À LA CONFLUENCE DE L'ERDRE	Cours d'eau naturel
FRGR0541	LE GESVRES ET SES AFFLUENTS DEPUIS LA SOURCE JUSQU'À LA CONFLUENCE AVEC L'ERDRE	Cours d'eau naturel
FRGR0542	LE CENS ET SES AFFLUENTS DEPUIS LA SOURCE JUSQU'À LA CONFLUENCE AVEC L'ERDRE	Cours d'eau naturel
FRGR0927	CANAL DE NANTES A BREST DEPUIS L'ERDRE JUSQU'A BLAIN	Canal
FRGL105	ETANG DE VIOREAU	Plan d'eau fortement modifié
FRGL106	ETANG DE LA PROVOSTIERE	Plan d'eau fortement modifié
FRGL107	ETANG DE LA POITEVINIERE	Plan d'eau fortement modifié

VI.2. Hydrogéologie

Le piézomètre de Nort-sur-Erdre est situé au niveau de la masse d’eau souterraine libre constituée de sable et calcaire du bassin tertiaire. Les bassins tertiaires sont relativement vulnérables aux pollutions diffuses. Ces aquifères constituent un enjeu important puisqu’ils sont exploités.



Les variations de hauteur de la nappe suivent les cyclicités climatiques. Entre la période hivernale et estivale, la hauteur de nappe évolue entre 12 et 15 m NGF, soit de 3 m. Notamment, les variations saisonnières ont fortement augmenté entre 2009 et 2019.

Le déficit pluviométrique rencontré en fin d'années 2015 et 2016 se traduit par un niveau piézométrique bas par rapport à la normale saisonnière du mois de décembre d'après le piézomètre de Nort-sur-Erdre (Figure 19).

Les nappes n'ont pas débuté leur recharge en ce début de période hivernale (2015 et 2016) : les réservoirs d'eau souterraine ne participent de ce fait (quasiment) plus à l'alimentation des eaux de surface (rivières, plans d'eau), qui sont à leurs niveaux les plus bas, voire en assec.

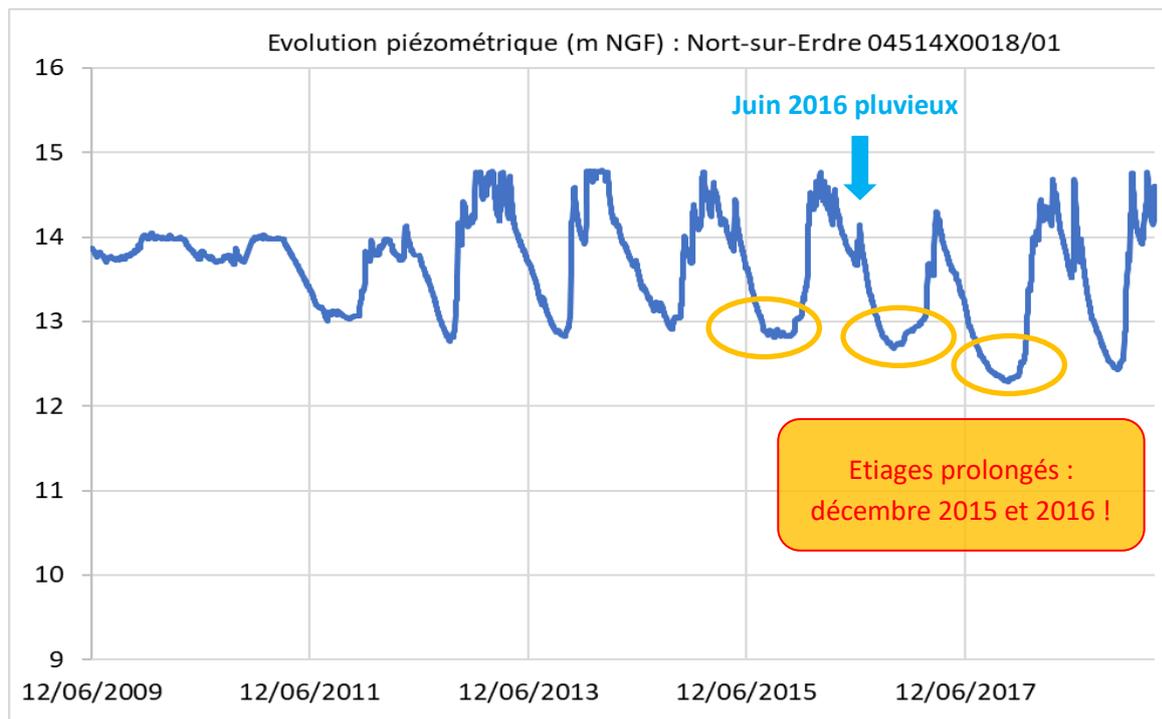


Figure 19 : Evolution piézométrique du captage 04514X0018/01 à Nort-sur-Erdre (ADES)

Des variations interannuelles de la pluviométrie peuvent aussi se traduire par des périodes pluvieuses supérieures à la normale, comme au printemps ou au début de l'été ; ce qui a pour effet de recharger la nappe ponctuellement (ex : juin 2016, Figure 15).

L'Erdre est divisé en zones selon 2 caractéristiques distinctes :

- Erdre « naturelle » avec un régime fluvial marqué, s'écoulant sur 45 km d'Est en Ouest
- Erdre « navigable » avec un régime artificiellement lentique sur 25 km, lié à la régulation du niveau par l'écluse Saint Félix

Il est alimenté par des affluents majeurs en rive droite : Le Cens, Le Gesvres, Canal Nantes à Brest
La hauteur de nappe suit les cyclicités climatiques, avec une variation 12 (été) et 15 (hiver) m NGF.

VII. L'occupation des sols

Le bassin versant de l'Erdre, dans son ensemble, est qualifié de rural avec une part dominante des terres agricoles (49%) sur celle des surfaces urbaines (33%). Une analyse plus fine à l'échelle des sous BV souligne une forte hétérogénéité du type d'occupation de sols entre les secteurs amont et aval. Le tissu urbain, concentré préférentiellement en aval du bassin, se regroupe en pôles urbains vers le nord du BV (Figure 20). La part des terres agricoles passe de 60% en amont à 20% en aval, où la pression urbaine de la Métropole de Nantes domine.

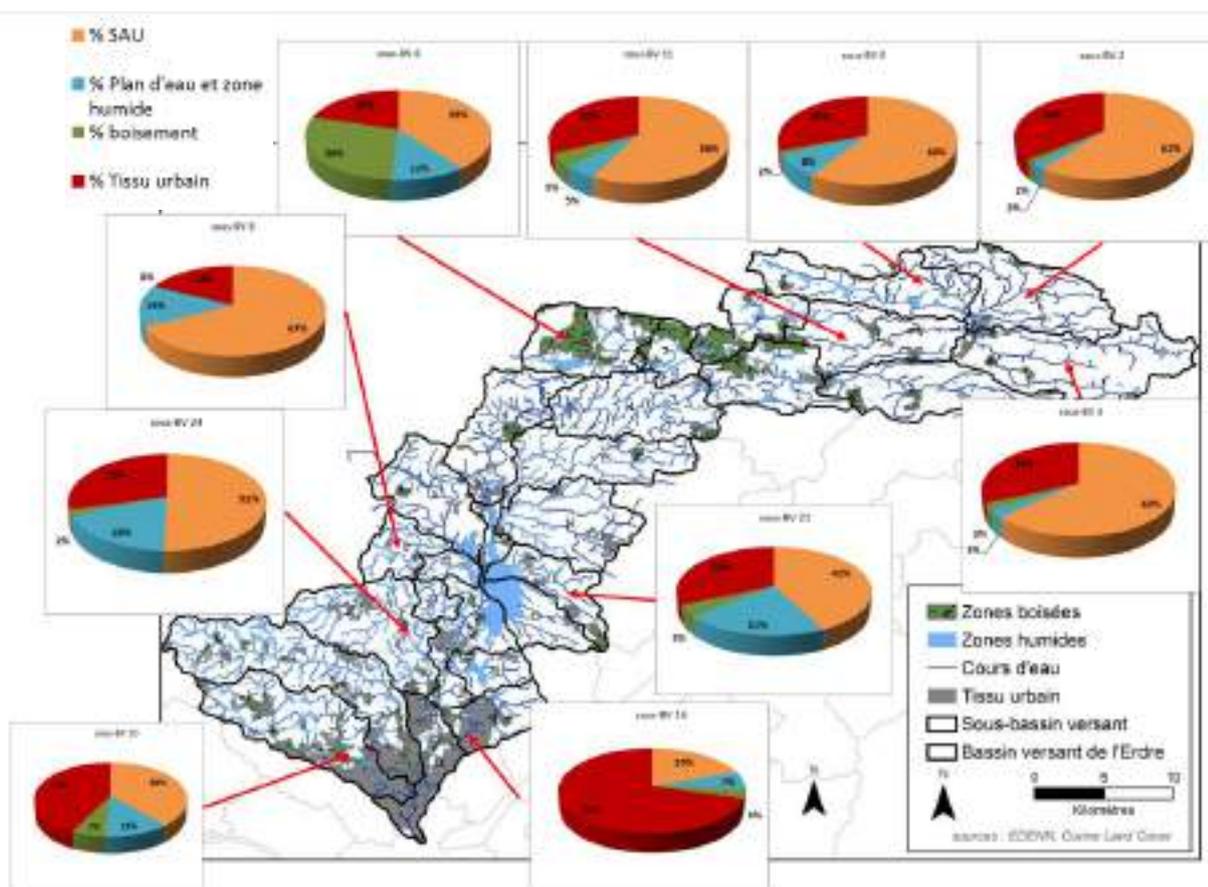


Figure 20 : Occupation du sol sur le bassin versant de l'Erdre (Corine Land Cover, PAC 2016)

Les zones boisées (forêts et boisements) occupent seulement 7% du BV. De nombreux petits bois sont dispersés sur le territoire, avec une concentration plus marquée sur la partie amont. Les sous BV du barrage de Vioreau, de Vallée amont et aval sont caractérisés par une part plus importante en espaces boisés, en lien avec la nature gréseuse du substrat. Les sols qui en dérivent, constituent souvent une contrainte pour leur mise en culture (sols acides, présence de blocs de pierre...) et sont plutôt occupés par des boisements. La part de bois

particulièrement élevée (29%) sur le sous BV 6 explique la faible part de SAU par rapport aux sous BV voisins.

La part surfacique des plans d'eau et des zones humides atteint 11% du bassin versant total, en raison des nombreux étangs et plans d'eau qui le parsèment. La partie amont du BV comprend notamment 3 plans d'eau en cascade, que sont les étangs de la Poitevinière, de la Provostière (Riaillé) et le réservoir de Vioreau (Joué-sur-Erdre).

Sur les communes de Saint-Mars-du-Désert et de Petit-Mars, la présence des marais de la Plaine de Mazerolle implique une part élevée des surfaces en eau (22%). Cette zone humide située en rive gauche de l'Erdre a de nombreuses utilités : épuration des eaux, atténuation des crues et soutien d'étiage. Les marais endigués de Mazerolles constituent une immense tourbière, d'une superficie de 1 100 hectares des plaines de la Poupinière aux plaines de Mazerolles.

L'analyse paysagère du BV s'appuie sur les données géoréférencées du maillage bocager efficace (recensement effectué par SYLOA en 2018). La densité de haies bocagères efficaces, c'est-à-dire perpendiculaires à la pente, apparaît plus élevée à l'Ouest du BV et sur les secteurs ruraux du Nord-Est : 20 à 25 ml/ha (Figure 22).

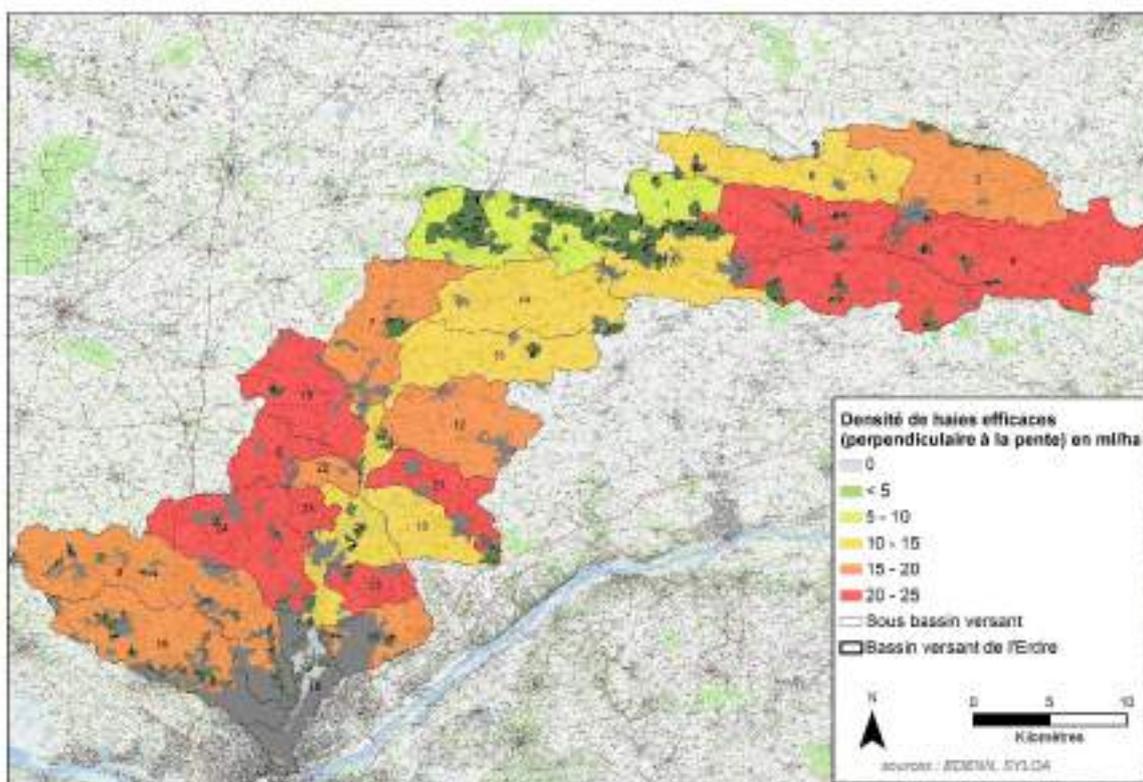


Figure 21 : Densité de haies bocagères efficaces sur le bassin versant de l'Erdre (Edenn, SYLOA)



Figure 22 : Haies bocagères conservées (haut) et absence d'élément paysager structurant (bas)

Les inventaires communaux (bocage-paysdelaloire.fr) soulignent également une forte disparité de la densité du maillage bocager sur le BV : de 40 ml/ha à Joué-sur-Erdre à 102 ml/ha à Grandchamps-des-Fontaines. Globalement, ces densités communales sont supérieures aux valeurs moyennes des départements, évaluées à 50 ml/ha pour le Maine et Loire et à 56 ml/ha pour la Loire Atlantique.

Le maillage bocager semble ainsi préservé sur le bassin versant de l'Erdre. Les haies bocagères agissent comme des barrières physiques qui limitent voire qui empêchent le transfert de sols au fossé et/ou au réseau hydrographique (Figure 22).

L'Erdre est qualifié de rural avec une hétérogénéité de l'occupation du sol :

- 33% de tissu urbain en moyenne, dont 20% en amont et 70% en aval
- 49% de terres agricoles en moyenne, dont 61% en amont et 20 en aval
- 7% de zones boisées, notamment Vioreau et Vallée amont et aval lié au contexte géologique
- 11% de plans d'eau en moyenne, dont Plaine Mazerolles, Vioreau, étang de la Provostière

Le maillage bocager est hétérogène sur le territoire, mais il semble bien préservé.

VIII. Le contexte agricole

VIII.1. L'agriculture sur le bassin versant

A l'échelle du bassin versant de l'Erdre la surface agricole utile (SAU) n'occupe que 48% du territoire soit 47 000 ha environ. Inférieure à 50% ce taux est donc relativement bas comparé au contexte départemental des deux départements 44 et 49 où la SAU s'élève respectivement à 63% et 70% en 2016.

En 2000, la part de SAU sur le bassin versant de l'Erdre était encore de 63% (Figure 23). Une baisse de 15 % de la surface en terres agricoles est donc estimée entre 2000 et 2016.

L'activité agricole n'est plus considérée comme dominante sur le territoire. En parallèle, le nombre d'exploitations agricoles a diminué de 38% sur cette même période (3142 en 2000 et 1958 en 2010).

A l'échelle des sous BV, l'activité agricole traduit une forte disparité d'amont en aval. La décroissance de la part de SAU de l'amont (55 – 70% de SAU) vers l'aval (> à 5 %) est bien entendu liée à la pression urbaine du pôle Nantais.

Les sous bassins 6, 3 et 1 du secteur amont ont un pourcentage de SAU moindre (25-45 %), en raison d'une part importante de surfaces boisées et en eau.

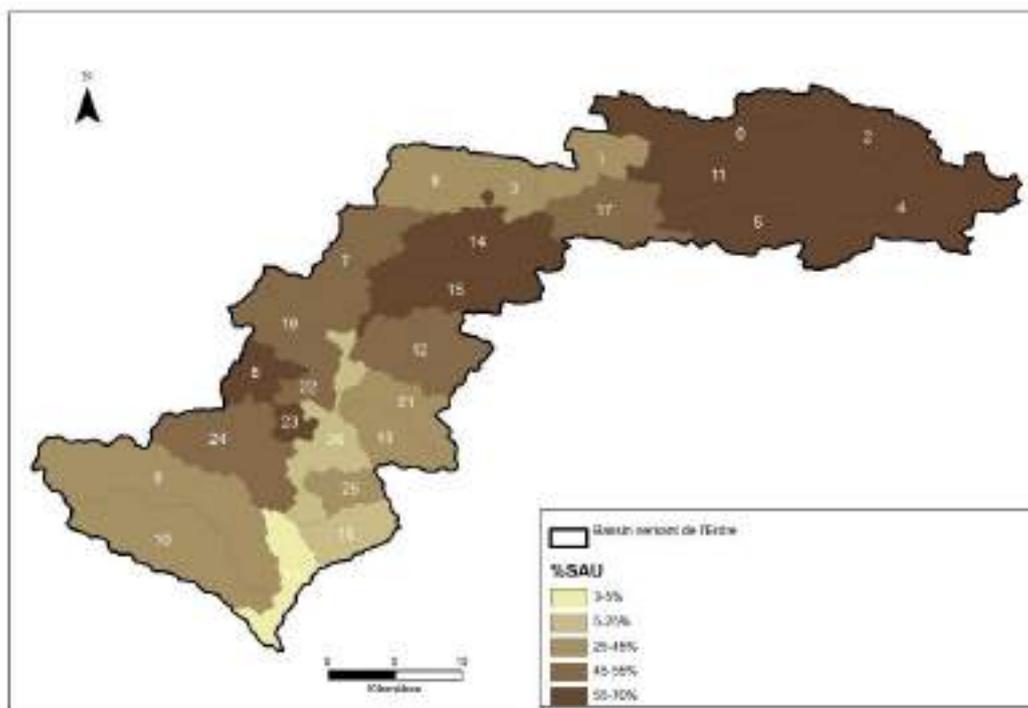


Figure 23: Répartition spatiale de la part en SAU à l'échelle des sous bassins versants (RPG 2016)

VIII.2. L'assolement

La répartition de l'assolement est analysée d'après le traitement des données géoréférencées issues du registre parcellaire agricole (RPG). La part en prairies (et plus spécifiquement les prairies temporaires) à l'échelle de la SAU est majoritaire sur le bassin versant de l'Erdre. Les prairies semées (temporaires) et permanentes représentent respectivement 14 000 ha et 9 000 ha sur les 47 000 ha de SAU (Figure 23 et Figure 24).

La Figure 24 ne montre pas de différence marquée avec une répartition identique des cultures (prairies>céréales>maïs) et une nette prépondérance des prairies (entre 48% et 58% de la SAU) excepté pour les sous BV 0 et 16. Ces derniers sont caractérisés respectivement par une forte proportion des céréales (31% de la SAU) et des cultures maraîchères ("autres cultures" : 42% de la SAU).

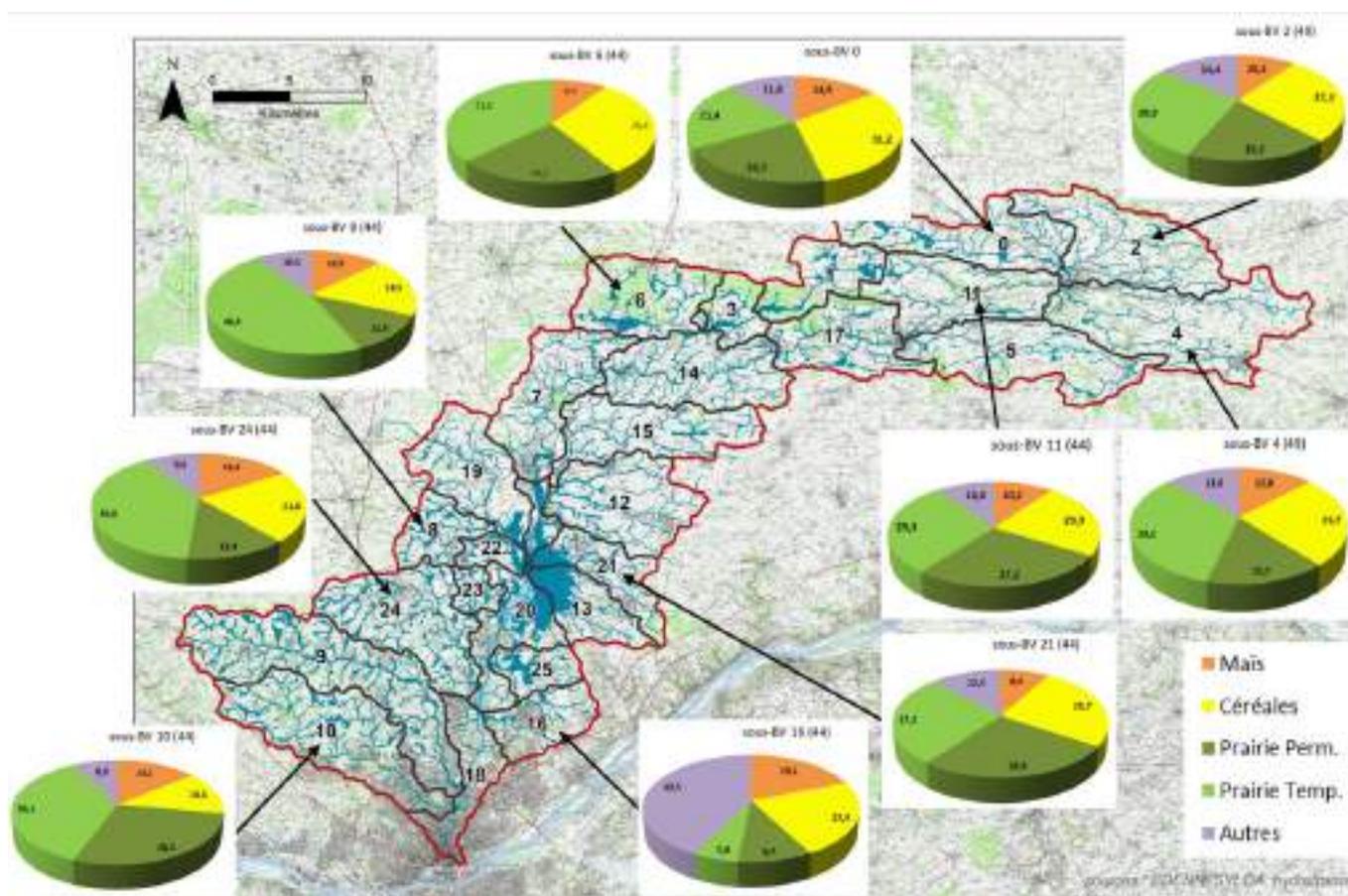


Figure 24: Répartition spatiale de la part (%) des orientations culturales à l'échelle des SAU de chaque sous bassin versant (RPG 2016)

Sur la partie aval de l'Erdre, au plus près de Nantes, les cultures se diversifient. Le maraîchage prend une part plus importante, notamment sur les communes de Carquefou, de Nantes et de Mauves sur Loire (Figure 25 et Figure 26).

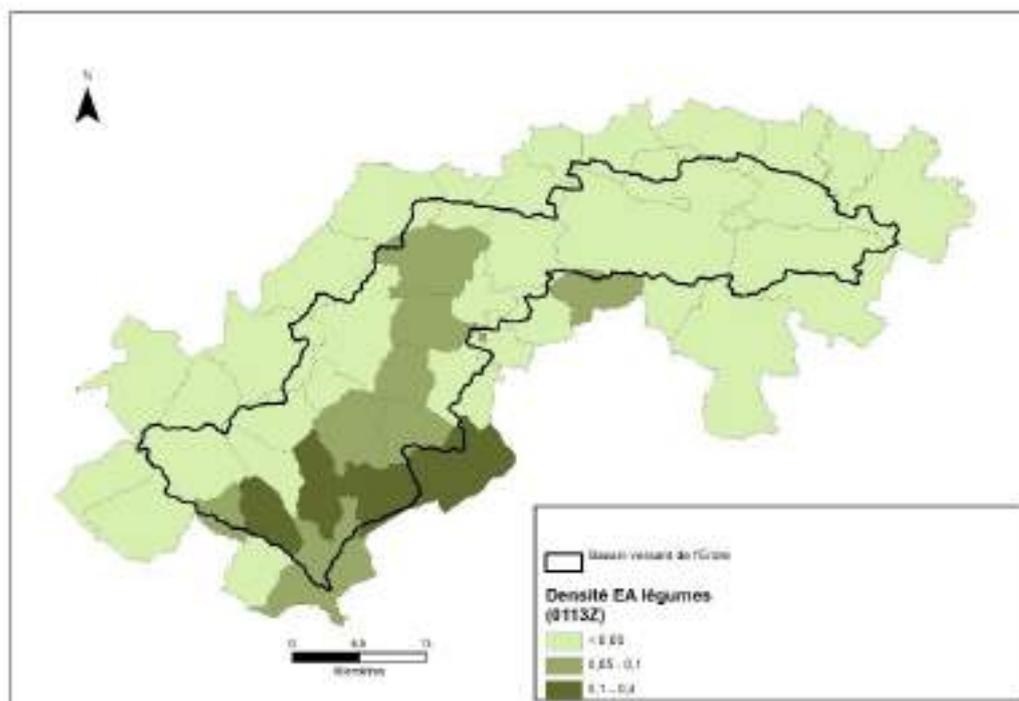


Figure 25: Densité des exploitations agricoles orientées vers la production de légumes (RPG 2016)



Figure 26 : Pratiques culturales diversifiées : maraichages et cultures (sous BV 16)

La comparaison de l'assolement entre 2000 et 2016 souligne des évolutions plus ou moins tranchées selon le type de culture analysé. Si les prairies continuent de dominer l'assolement sur le BV, leur taux d'évolution diffère selon leur âge. Les surfaces occupées par des prairies temporaires ont diminué de 42% entre 2000 (24 266 ha) et 2016 (14 104 ha), et celles occupées par des prairies permanentes de 10%.



Figure 27 : Prairie à joncs sur le bassin versant de l'Erdre

L'évolution des surfaces réelles en céréales et en maïs traduit également une diminution de ces cultures sur la période 2000-2016 :

- Céréales : 12 000 ha en 2016 contre 13 200 ha en 2000 (taux d'évolution égal à -9,1%)
- Maïs : 6 172 ha en 2016 contre 6 500 ha en 2000 (taux d'évolution égal -5%)

L'ensemble de ces évolutions (en % de surface réelle) est à mettre en parallèle avec la diminution de la SAU (-15%) enregistrée entre 2000 et 2016, et la réduction du nombre des exploitations agricoles. La restructuration des exploitations, en fragmentant le parcellaire peut conduire à l'abandon de rotations de longue durée (incluant donc des prairies temporaires) pour les parcelles les éloignées des bâtiments de ferme.

VIII.3. **Les exploitations agricoles**

Le nombre d'Unité Gros Bovin (UGB) sur l'ensemble du bassin versant a stagné entre 2000 et 2010, le territoire comptabilisant 230 600 UGB en 2010 et 230 275 en 2000. Etant donné qu'en parallèle le % de SAU et le nombre d'exploitation diminuent sur le BV, le chargement bovin augmente.

Les cartes suivantes présentent le nombre d'UGB/ha de SAU en 2000 et 2010 sur chaque commune du bassin versant de l'Erdre (source Agreste 2000 et 2010). La densité en animaux d'élevage par ha de SAU sur 10 ans tend bien à augmenter à l'échelle du bassin versant de l'Erdre (Figure 28).

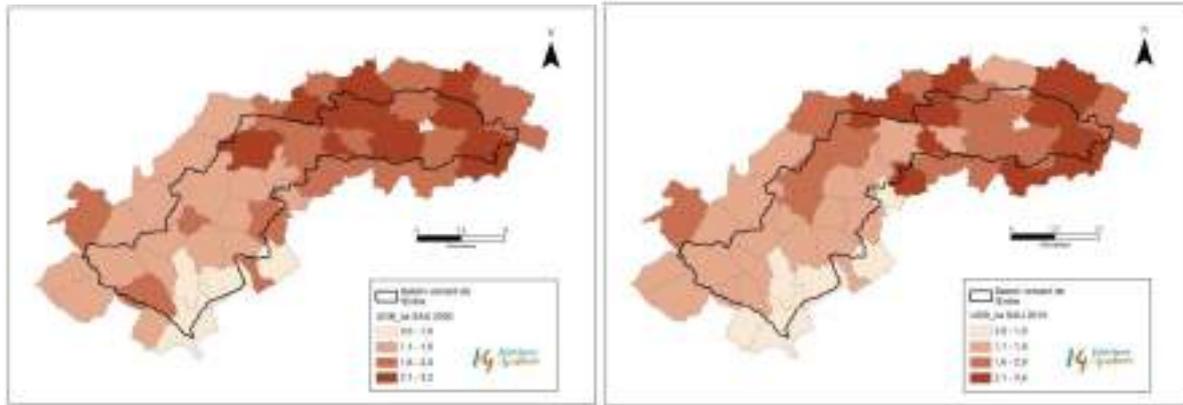


Figure 28: Nombre d'UGB par ha de SAU à l'échelle communale en 2000 et 2010 (source Agreste)

Cette cartographie du chargement bovins montre des disparités fortes et attendues entre les communes situées en amont du BV et celles en aval. L'orientation économique des exploitations agricoles (Figure 31) situées dans les sous BV aval, avec une dominance de productions de légumes (Figure 25, Figure 29) explique le plus faible chargement en animaux par ha de SAU.

L'analyse de la répartition des exploitations et de leur typologie (code APE) illustre la variété des situations rencontrées à l'échelle des sous BV de l'Erdre (Figure 29, Figure 30).

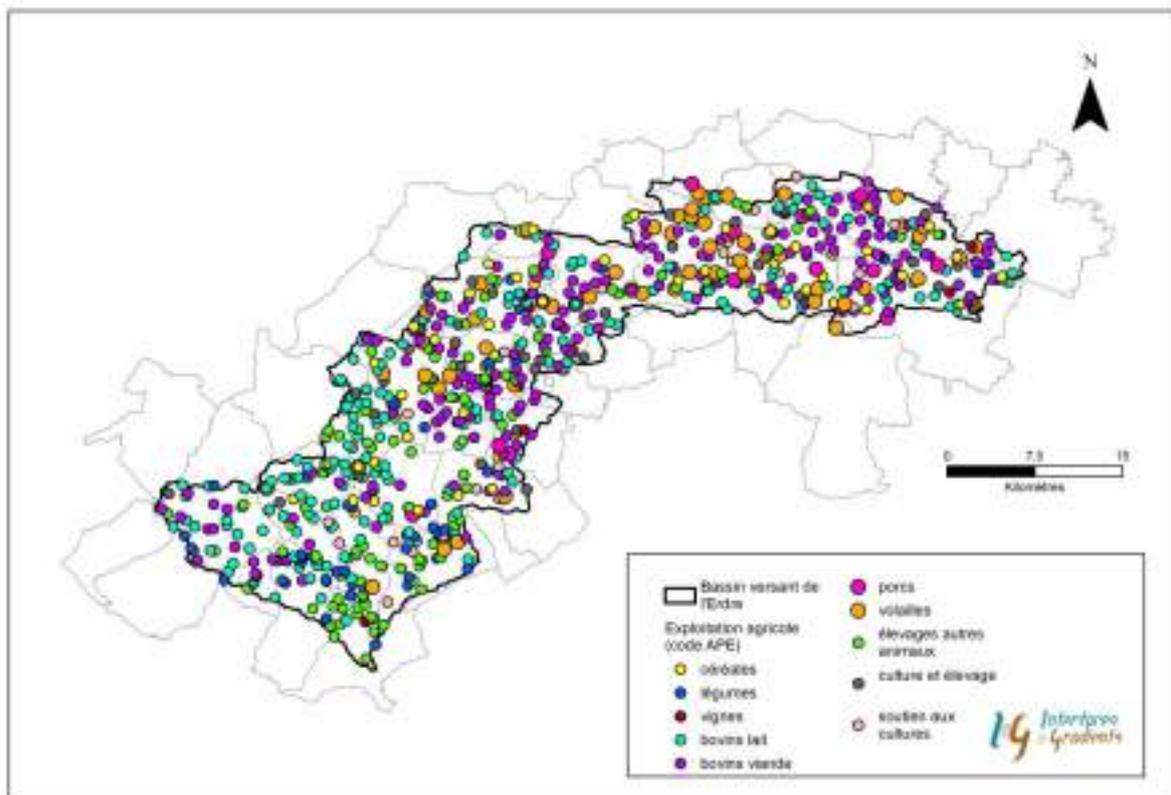


Figure 29 : Répartition et typologie des exploitations agricoles sur le bassin versant de l'Erdre

Les exploitations spécialisées en bovins viande (code APE 0142Z) sont plus nombreuses sur la partie amont et médiane du BV, tandis que celles en bovins lait (code APE 0141Z) sont regroupées sur la frange ouest (Figure 30). Les ateliers hors-sols, produisant des porcs ou des volailles (code APE 146/147Z) sont quant à eux concentrés sur le secteur amont du BV. Ces densités d'exploitations agricoles (en nombre/km²) sont nettement inférieures à la moyenne de l'Ille et Vilaine (~1,4 EA/km²), positionné comme premier département laitier en France.

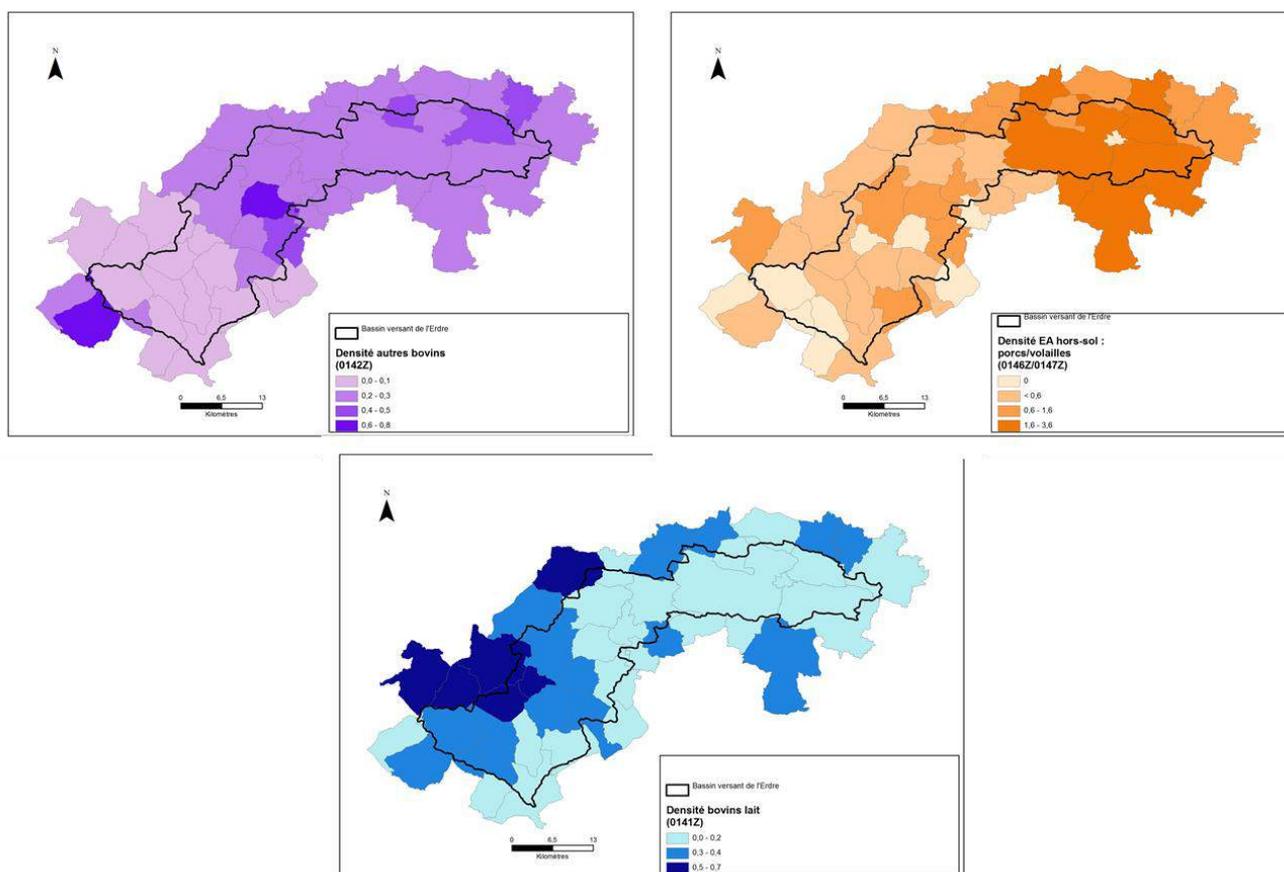


Figure 30 : Densité des exploitations bovins (viande, lait), de volailles et de porcs par commune sur le bassin versant de l'Erdre (Agreste 2010), exprimées en nombre/km²

Le nombre d'Unité Gros Bovin par exploitation agricole et par commune (Figure 31) souligne l'hétérogénéité de la taille moyenne du cheptel sur le bassin versant de l'Erdre.

Le chargement en animaux évolue de 10 à 230 UGB par EA en 2010 d'aval en amont, avec une transition marquée sur la transversale Nort-sur-Erdre/Ligné. Cette répartition du chargement est clairement corrélée au % de SAU (Figure 31).

Les exploitations agricoles sont plus grandes en amont et orientées en bovins viande (Figure 30). La présence d'ateliers hors-sol dans ces secteurs augmente aussi les effectifs animaux (UGB).

La zone sud-ouest (Vigneux-de-Bretagne et Orvault) dominée par des élevages en bovins lait (Figure 30) se démarque par un nombre d'UGB/EA plus modéré à l'échelle du bassin versant de l'Erdre.

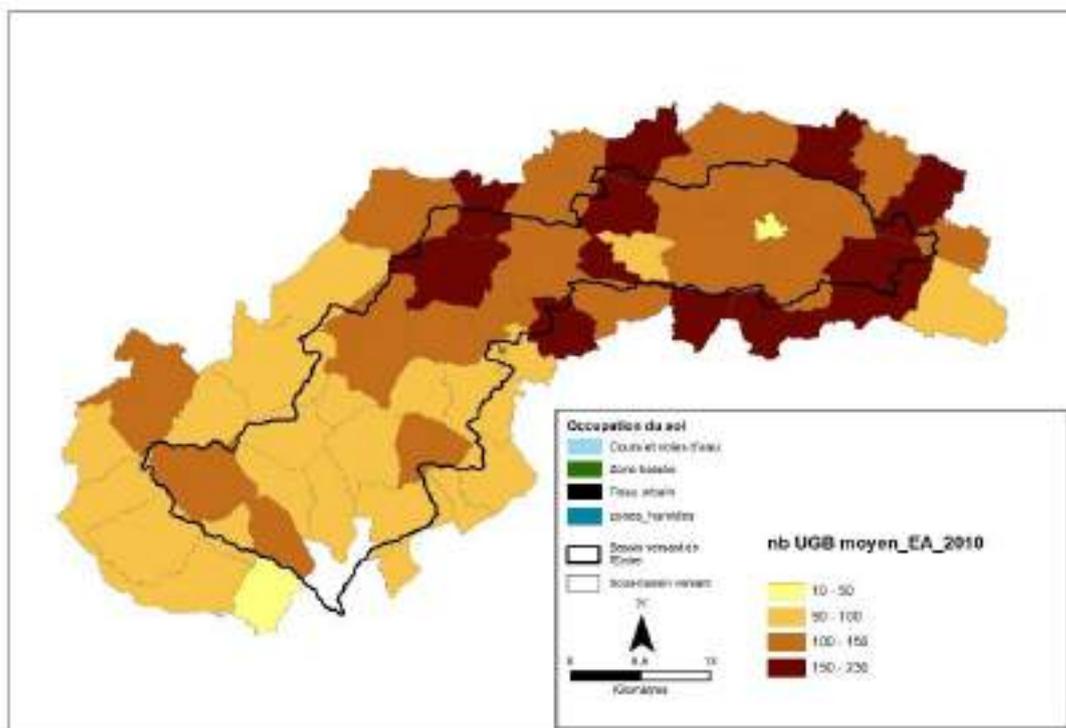


Figure 31: Répartition spatiale du nombre UGB moyen par exploitation agricole et par commune (source Agreste 2010)

Les facteurs naturels qui impactent le potentiel agronomique des terres (géologie, hydromorphie, climat...) ont pu influencer en partie les occupations de sols du bassin de l'Erdre et les systèmes de cultures mis en place (dominance de l'herbe). D'autres facteurs d'ordre économique, comme la restructuration des exploitations agricoles participent aussi, en concentrant les effectifs d'animaux, à l'évolution du paysage agricole.

Sur le bassin versant de l'Erdre, la SAU n'occupe que 48%, soit 47 000 ha (taux bas à l'échelle départementale), avec une forte disparité d'amont (55 – 70%) en aval (> 5%) de l'activité agricole.

Le bassin versant présente une répartition identique des cultures (prairies>céréales>maïs) et une prépondérance des prairies, sauf sur la zone sud avec une part plus importante du maraichage.

La densité en animaux d'élevage par ha de SAU sur 10 ans tend bien à augmenter, puisque le nombre d'Unité Gros Bovin (UGB) sur l'ensemble du bassin versant a stagné mais le nombre d'exploitation a diminué.

IX. Pression industrielle sur le bassin versant de l'Erdre

Les activités industrielles sur le bassin versant de l'Erdre ont été recensées auprès de la base de données Sirene et issues des données de l'Edenn. Le territoire compte 65 sites industriels répartis sur 9 filières avec un fort potentiel de pollution en phosphore et nitrates. La Figure 32 et Tableau 6 présentent les activités industrielles localisées sur le territoire.

Les entreprises sont situées pour moitié (55%) sur la Métropole de Nantes, dont les communes de Nantes, Carquefou et Orvault.

L'autre moitié située majoritairement sur la partie aval du bassin versant.

Les industriels présents sur les communes rurales sont préférentiellement localisés dans une zone artisanale ou une zone industrielle en périphérie des zones agglomérées.

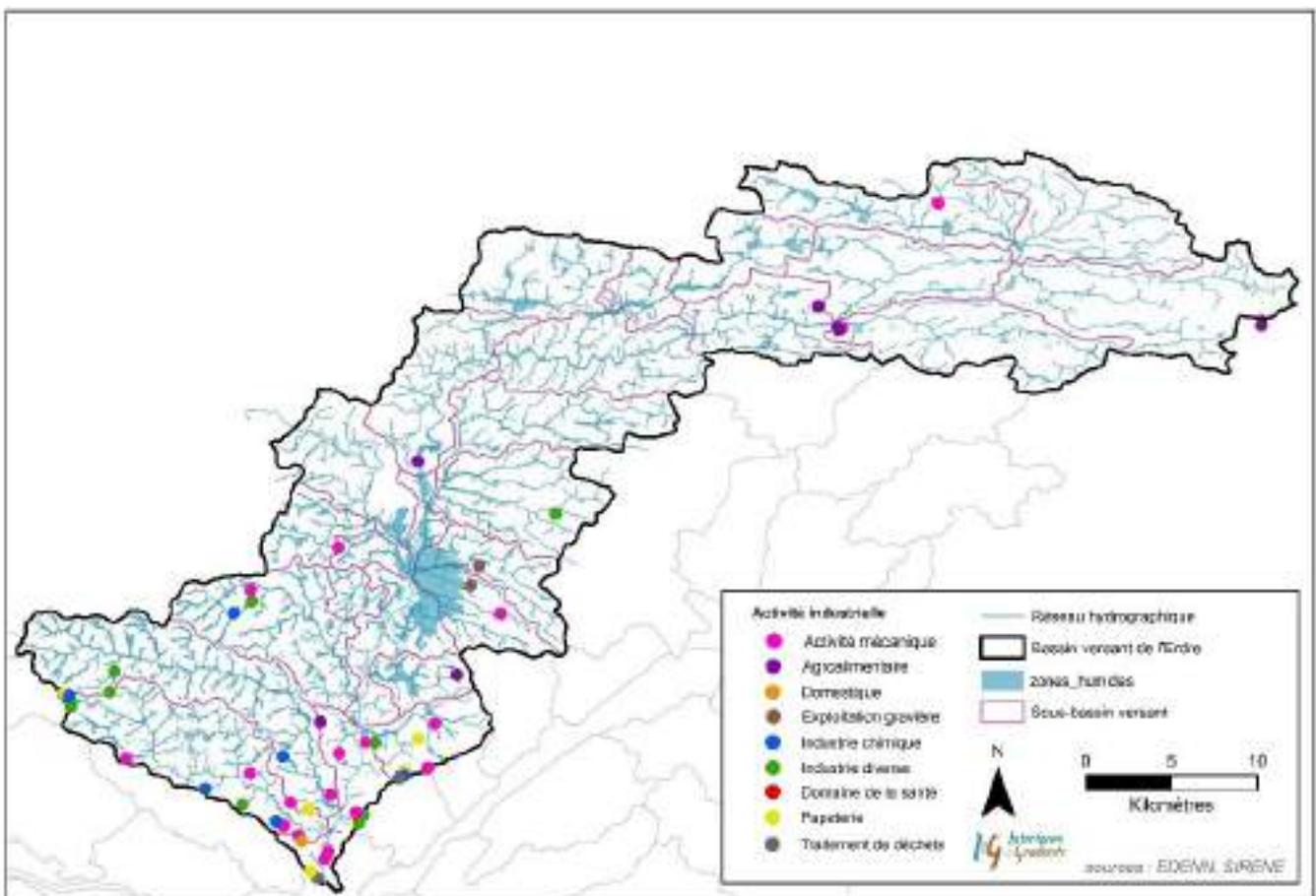


Tableau 6 : Liste des sites industriels à potentiel de pollution par commune et filière (SIRENE)

Commune	Filière	Nombre
CARQUEFOU	Activité mécanique	2
	Agroalimentaire	1
	Domaine de la santé	1
	Industrie chimique	1
	Industrie diverse	2
	Papeterie	2
	Traitement de déchets	1
CASSON	Activité mécanique	1
GRANDCHAMPS-DES-FONTAINES	Activité mécanique	1
	Industrie chimique	1
	Industrie diverse	1
LA CHAPELLE SUR ERDRE	Activité mécanique	2
	Agroalimentaire	1
NANTES	Activité mécanique	5
	Domaine de la santé	3
	Domestique	1
	Industrie chimique	2
	Industrie diverse	5
	Papeterie	2
	Traitement de déchets	2
NORT SUR ERDRE	Agroalimentaire	1
ORVAULT	Activité mécanique	3
	Industrie chimique	2
	Industrie diverse	1
PETIT MARS	Exploitation gravière	1
SAUTRON	Activité mécanique	1
ST MARS DU DESERT	Activité mécanique	1
	Agroalimentaire	1
	Exploitation gravière	1
TREILLIERES	Industrie chimique	1
VALLONS DE L ERDRE	Activité mécanique	2
	Agroalimentaire	3
VIGNEUX DE BRETAGNE	Industrie chimique	1
	Industrie diverse	3
	Papeterie	1
LIGNE	Industrie diverse	1
VALLONS DE L ERDRE (Saint-Mars-la-Jaille)	Agroalimentaire	3
VAL-D'ERDRE-AUXENCE (Louroux-Beconnais)	Agroalimentaire	1

Le bassin versant comptabilise 65 sites industriels pouvant générer des effluents fortement chargés en phosphore et azote. Ils sont localisés majoritairement sur la partie aval du bassin versant.

X. L'assainissement sur le bassin versant de l'Erdre

X.1. Assainissement collectif : Le parc de stations d'épuration

Les stations d'épuration communales traitent les eaux usées collectées dans les zones urbaines et agglomérées (bourg des communes). Environ 60% de la population du bassin versant est connectée à un réseau d'assainissement collectif qui est lui-même relié à une station d'épuration implantée sur le bassin versant de l'Erdre. Ce taux correspond à environ 50 000 habitants.

Le pourcentage de raccordement de la population au réseau d'assainissement collectif dépasse 50% sur la CC d'Anjou Bleu. Le taux est d'environ 53% sur le territoire de la COMPA contre 49% sur le territoire de la CCEG. Sur la CC Cœur d'Estuaire, la population raccordée s'élève à 85%.

Rq : La population habitant dans la Métropole de Nantes est raccordée aux stations de traitement dont leur rejet d'eaux traitées se fait en dehors du BV de l'Erdre. Ces stations, et donc leur flux brut de phosphore à traiter, est donc exclu de l'étude.

Le parc de stations d'épuration du bassin versant de l'Erdre représente une capacité totale nominale de 68 762 équivalents habitants (EH) répartie sur 35 STEP (contre 30 STEP pour 49 525 EH en 2004) (Tableau 7).

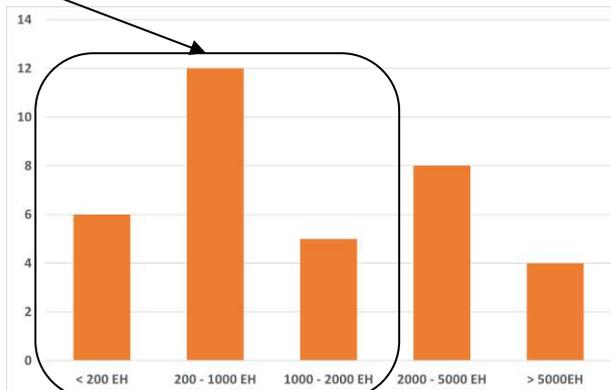
29 de ces STEP sont en Loire Atlantique et donc 6 en Maine-et-Loire (Tableau 8).

Tableau 7 : Evolution du parc assainissement collectif (Données SATESE)

2004	2017
30 stations	35 stations
Capacité nominale (capacité maximale de traitement)	Capacité nominale (capacité maximale de traitement)
49 525 Equ.Hab.	68 762 Equ.Hab.

Les petites stations de traitement ayant une capacité nominale inférieure à 2 000 EH, représentent 65% des 35 stations (Figure 33).

Figure 33 : Répartition de la capacité nominale des 35 stations du bassin versant de l'Erdre (Edenn, CD 44)



Les quatre stations de traitement des eaux usées situées sur le sous bassin versant 9 (partie du bassin versant du Gesvres) intégrant les communes Temple-de-Bretagne, Treillières et Vigneux de Bretagne englobent 19% (14 400 EH) de la capacité nominale globale du territoire. Les deux stations de traitement situées sur le sous bassin versant 17 (communes de Bonnœuvre et Saint-Mars-la-Jaille) représentent 21% de la capacité nominale globale du territoire (Figure 34).

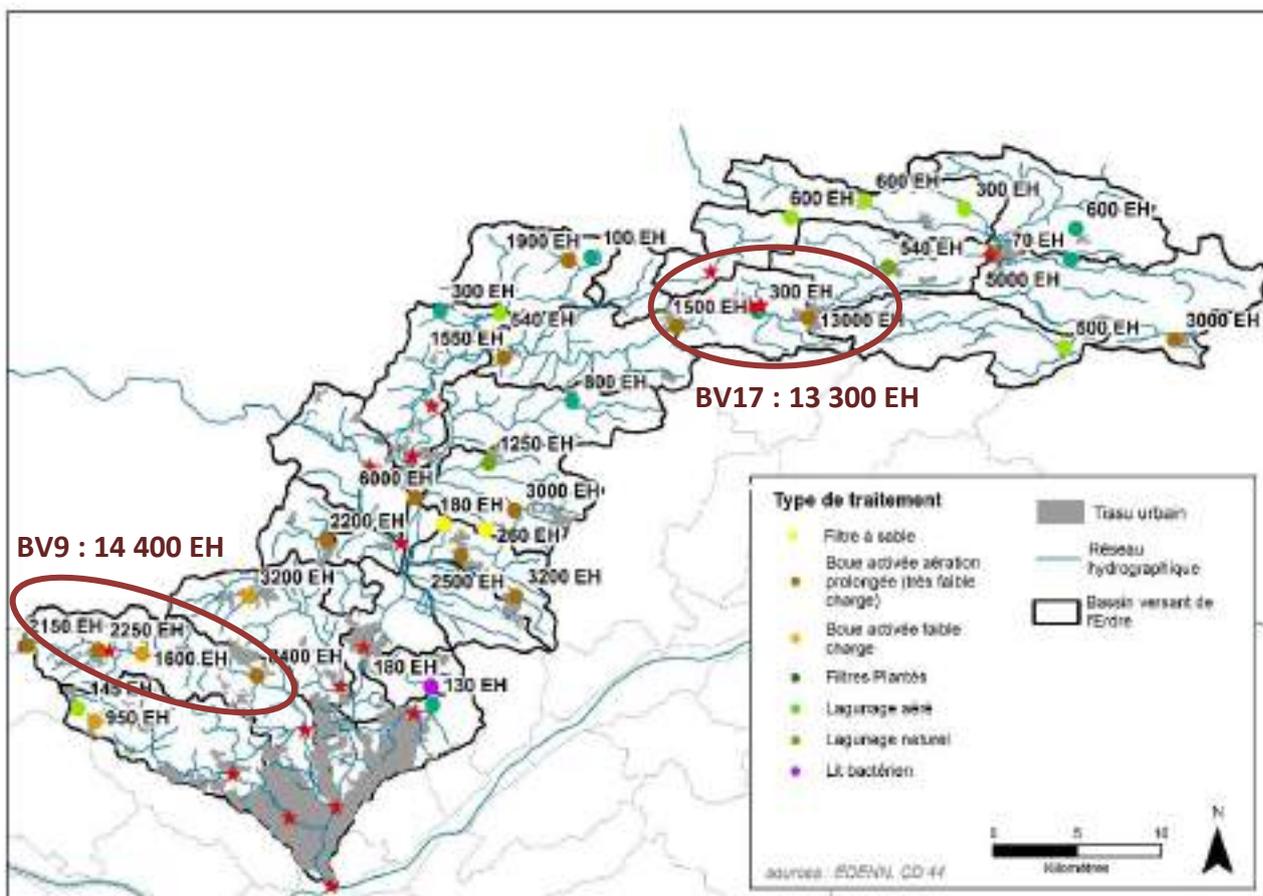


Figure 34 : Localisation des stations d'épuration du bassin versant de l'Erdre, capacité nominale et type de traitement

Les 35 stations d'épuration (STEP) peuvent être classées en 5 catégories selon leur mode de fonctionnement : 52% sont de type "boues activées" et 21% des lagunages naturelles.

En termes de capacité nominale, près de 90% et 5% des personnes sont raccordées respectivement à un traitement par boues activées et à un traitement par lagunage (Figure 36 et Figure 37).

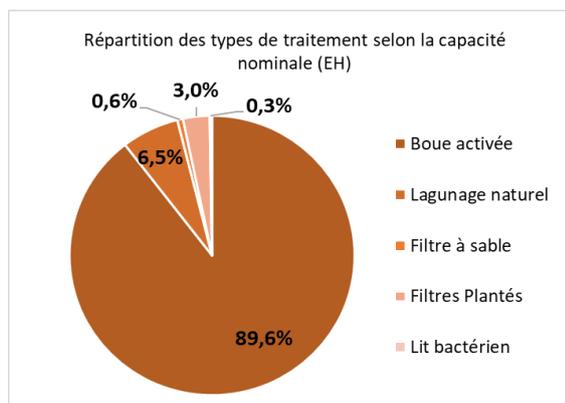


Figure 35 : Répartition des types de traitement selon la capacité nominale

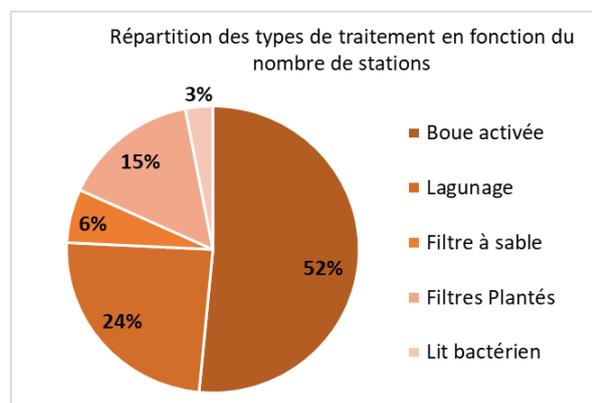


Figure 36 : Répartition des types de traitement en fonction du nombre de stations

A partir des contrôles annuels (2016-2017), les flux moyens bruts réellement traités, et inférieurs à la capacité nominale (maximale réglementairement parlant) par ces stations ont été calculés.

En termes d'équivalents habitants **réels** (EH_DBO5), c'est-à-dire calculés à partir de la charge organique reçue par les stations d'épuration, les sous bassins versants 9 et 17 sont soumis à une pression liée à l'assainissement plus importante : 6 397 EH DBO5 pour le premier (notamment la STEP de Treillières) et 6 122 EH DBO5 pour le deuxième (notamment STEP de Saint-Mars-du-Désert) (Tableau 8).

La comparaison entre le dimensionnement de chaque station d'épuration (capacité EH) et celle valeur du flux (EH_DBO5) montre que l'ensemble du parc d'assainissement collectif est aujourd'hui adapté à la densité de population raccordée, à l'exception de la station de traitement de Vritz (dépassement de 103%).

Si la capacité nominale organique moyenne de la majorité des stations est nettement en dessous de leur dimensionnement théorique, l'écart se révèle être faible pour quelques-unes (Tableau 8). En effet, les stations de traitement de Ligné, Bonnœuvre, Carquefou, Nort-sur-Erdre reçoivent un équivalent habitants réels (EH DBO5) de plus de 80% du dimensionnement.

Tableau 8: Description du parc assainissement collectif du bassin versant de l'Erdre

Rejet ssBV	Commune	Code National	Traitement	Mise en service	Mise en conformité	Cours d'eau récepteur	Nb pop raccordée 2017	Cap. nominale m ³ /jour	Capacité EH	Capacité EH (ssBV)	DBO5 entrante 2017	EH DBO5 entrante 2016 - 2017	% charge organique
0	PIN	0444124S0001	Lagunage	1988	-	Mandit	386	90	600	900	19	316,7	52,8
	VRITZ	0444219S0001	Lagunage	1987	-	Gicquelais	317	45	300		18,7	311,7	103,9
1	SAINT-SULPICE-DES-LANDES	0444191S0001	Lagunage	1987	-	Pas du Gué	391	174	600	600	11	183,3	30,6
2	ANGRIE	0449008S0001	Filtre planté	1991	2008	Pont du Rocher	nc	210	600	5 600	18,29	304,8	50,8
	CANDE	0449054S0001	Boues activées	2007	-	Grand Gué et l'Erdre	nc	750	5000		102,52	1708,7	34,2
4	ANGRIE	0449008S0002	Filtre planté	2007	-	fossé	nc	10	70	3 070	2,56	42,7	61,0
	LOUROUX-BECONNAIS	0449183S0002	Boues activées	1984	2012	Aunay	nc	612	3000		74,02	1233,7	41,1
5	CORNUAILLE	0449108S0001	Lagunage	1982	-	Croissel	nc	75	500	500	15,68	261,3	52,3
6	MEILLERAYE-DE-BRETAGNE	0444095S0003	Boues activées	1979	2009	Doitorelles	1016	360	1900	2 000	69	1150,0	60,5
	MEILLERAYE-DE-BRETAGNE	0444095S0004	Filtre planté	2014	-	fossé	30	15	100		1,9	31,7	31,7
7	JOUE-SUR-ERDRE	0444077S0002	Lagunage	1988	-	Baillon	410	90	540	840	9,9	165,0	30,6
	JOUE-SUR-ERDRE	0444077S0004	Filtre planté	2014	-	Gouard	nc	45	300		8,5	141,7	47,2
8	CASSON	0444027S0002	Boues activées	2002	-	Pichonnière	1337	410	2200	2 167	55	916,7	41,7
9	TEMPLE-DE-BRETAGNE	0444203S0002	Boues activées	2004	-	Coutre	nc	129	2150	14 400	29	483,3	22,5
	TREILLIERES	0444209S0002	Boues activées	1998	2009	Gesvre	3750	504	8400		221	3683,3	43,8
	VIGNEUX-DE-BRETAGNE	0444217S0001	Boues activées	1983	2012	Gesvres	nc	96	1600		55,8	930,0	58,1
	VIGNEUX-DE-BRETAGNE	0444217S0002	Boues activées	2000	-	Choiseau	nc	135	2250		78	1300,0	57,8
10	SAINT-ETIENNE-DE-MONTLUC	0444158S0001	Boues activées	2014	-	Rau (Cens)	nc	100	950	1 095	28,96	482,7	50,8
	VIGNEUX-DE-BRETAGNE	0444217S0003	Lagunage	2000	-	Cens	nc	22	145		5,4	90,0	62,1
11	FREIGNE	0449144S0001	Lagunage	1982	-	Erdre	nc	90	540	540	16,25	270,8	50,2
12	LIGNE	0444082S0002	Boues activées	2006	-	Marquerie	2871	450	3000	4 510	145	2416,7	80,6
	PETIT-MARS	0444122S0003	Filtre à sable	2001	-	Tertre Rouge	nc	39	260		5,6	93,3	35,9
	TOUCHES	0444205S0001	Lagunage	2006	-	Pont Orioux	850	420	1250		42	700,0	56,0
14	JOUE-SUR-ERDRE	0444077S0003	Boues activées	1978	2011	Erdre	731	255	1550	3 050	35	583,3	37,6
	RIAILLE	0444144S0001	Boues activées	1999	-	Erdre	1376	325	1500		45,8	763,3	50,9
15	TRANS-SUR-ERDRE	0444207S0002	Filtre planté	1982	2013	Brosses	400	190	800	800	14,5	241,7	30,2
16	CARQUEFOU	0444026S0012	Filtre planté	2014	-	fossé	nc	19	130	130	2,8	46,7	35,9
17	BONNOEUVRE	0444017S0001	Filtre planté	1997	-	Erdre	300	45	300	13 300	17,3	288,3	96,1
	SAINT-MARS-LA-JAILLE	0444180S0001	Boues activées	1981	-	Erdre	nc	1200	13000		350	5833,3	44,9
20	NORT-SUR-ERDRE	0444110S0001	Boues activées	2000	2018	Erdre	5800	850	6000	6 000	319	5316,7	88,6
21	PETIT-MARS	0444122S0002	Filtre à sable	2000	-	Launay	nc	27	180	5 880	7,3	121,7	67,6
	PETIT-MARS	0444122S0004	Boues activées	2006	-	Tertre rouge	nc	490	2500		71	1183,3	47,3
	SAINT-MARS-DU-DESERT	0444179S0003	Boues activées	2005	-	Saint Médard	1870	466	3200		118	1966,7	61,5
24	GRANDCHAMPS-DES-FONTAINES	0444066S0002	Boues activées	2006	-	Curette (Hocmard)	2140	880	3200	3 200	126	2100,0	65,6
25	CARQUEFOU	0444026S0013	Lit bactérien	1968	-	Charbonneau	nc	30	180	180	10,1	168,3	93,5

Mais le parc de traitement du bassin versant est en phase de renouvellement avec une moyenne d'âge proche de 18 ans, si l'on tient compte des mises en conformités de 7 systèmes de traitement depuis 2008.

De nouvelles stations de traitement des eaux usées de type « filtres plantés » et « boues activées » ont été construites au cours des 10 dernières années (Figure 37).

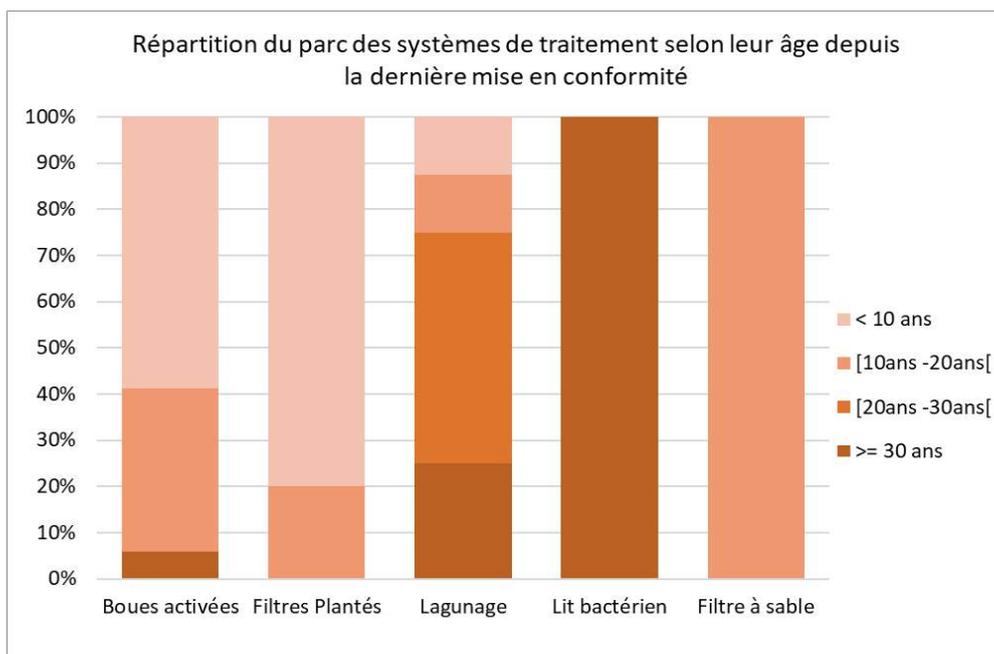


Figure 37: Répartition des 35 systèmes de traitement selon leur âge depuis une mise en conformité

Les deux STEP à Carquefou (lieux-dits : La Seilleraye et La Gouachère) et celle de La Pouëze sont définitivement mises hors service (fermeture). Une nouvelle station à la Gouachère a été mise en service en 2014, ainsi que sur les communes de Saint-Etienne de Montluc, de Joué-sur-Erdre et de Meilleraye de Bretagne.

Les communes suivantes ont réalisé des travaux de remise en conformité de leur station d'épuration :

- La station d'Angrie (0449008S0001) a été mise aux normes en 2008
- La commune de Louroux-Beconnais (0449183S0002) a inauguré sa nouvelle station d'épuration en 2012
- La station de Meilleraye-de-Bretagne (0444095S0003) a été mise aux normes en 2009
- La station de Treillières (0444209S0002) a été réhabilitée en 2009
- La commune de Vigneux de Bretagne (0444217S0001) a inauguré sa nouvelle station d'épuration en 2012

- Une nouvelle station d'épuration a été inaugurée sur la commune de Joué-sur-Erdre (0444077S0003) en 2011
- Une nouvelle station a vu le jour en 2013 pour remplacer l'ancienne de Trans-sur-Erdre (0444207S0002)

Des travaux d'extension de la station d'épuration de Nort-sur-Erdre ont été engagés en 2018 augmentant ainsi la capacité nominale à 11 300 EH pour accueillir une population croissante.

Deux autres STEU traitent les eaux de la Chapelle-sur-Erdre (situées sur cette commune) :

- STEU « filtres plantés des roseaux » des Forges Bitaudais, capacité 100 EH, mise en service en 2006. Cette station avait un débit entrant moyen en 2017 de 30 m³/j pour une charge max entrante de 194 EH.

- STEU « boues activées » de la Brosse, capacité de 1030 EH, mise en service en 2015. Cette station avait un débit entrant moyen en 2017 de 11 m³/j pour une charge max entrante de 70 EH.

Aussi en 2019, des améliorations, conduisant à une réduction du flux rejeté par le parc des STEU sont attendues.

X.2. Le réseau d'assainissement de la Métropole de Nantes

Les habitants de la Métropole de Nantes sont raccordés majoritairement à une station intercommunale située à Saint-Herblain : **TOUGAS**. Cette dernière est donc en dehors du bassin versant de l'Erdre. Ce rejet ne vient pas grossir le flux transporté par l'Erdre, mais rejoint directement la Loire.

Les communes d'Orvault, de Nantes Nord, ainsi que pour la majorité des habitants de Carquefou et de la Chapelle-sur-Erdre, sont raccordés à cette STEU.

Le nombre de raccordés à cette station intercommunale de traitement est estimée à 170 000 habitants (

Figure 38). Les travaux de raccordement sur les grandes stations de Nantes métropole ont permis d'"alléger" significativement le flux rejeté dans l'Erdre en le déplaçant plus en aval.

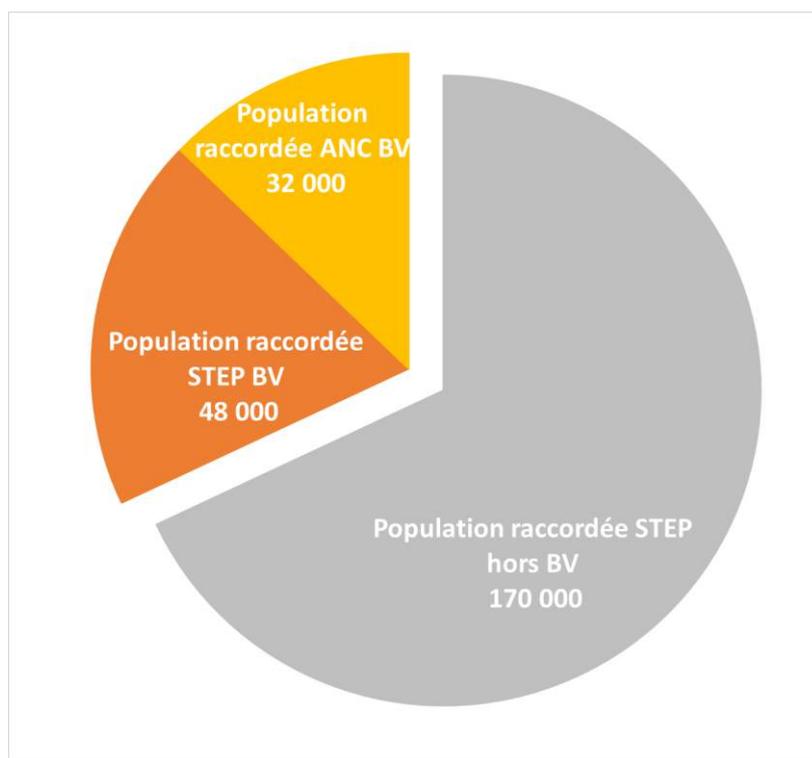


Figure 38 : Part des habitants raccordés aux STEP situés en dehors de la zone d'études

Si l'on tient compte de l'ensemble de la population inclus dans le bassin versant de l'Erdre qui est raccordé à une station de traitement implantée au sein et en dehors de la zone d'études, le taux de raccordement augmente donc et s'élève à 85%.

Un réseau d'assainissement important se développe donc sur la moitié sud du bassin versant. Le réseau d'amenée des eaux usées aux stations de traitement est un ensemble d'ouvrages sensible car il doit déplacer cette charge polluante brute avec un rendement élevé vers les stations d'épuration.

Des fuites, des infiltrations d'eau parasites (pluvial/nappe) et des ouvrages de refoulement seront les lieux de connections avec le milieu naturel, plus particulièrement aux points bas du réseau, pour remonter le flux depuis les talwegs jusqu'à la station d'épuration. Généralement ces postes de refoulement sont donc dans un talweg, très proches du réseau hydrographique.

X.3. Les postes de refoulement et les déversoirs d'orages

L'analyse de la contribution des stations d'épuration ne peut donc être réalisée sans aborder également la question des réseaux d'eaux usées. Le rejet de la station n'est en effet pas toujours représentatif de la contribution de l'ensemble du système d'assainissement (la station et son réseau) : des dysfonctionnements aboutissant à des rejets d'eaux usées non traitées peuvent avoir lieu à différents points critiques du système.

Les pompes de ces postes sont théoriquement dimensionnées en fonction de la population raccordée à la station. En présence d'eaux parasites, une augmentation importante des volumes reçus peut entraîner une saturation des pompes. Celle-ci se traduit elle-même par une montée en charge du poste, et peut conduire à un passage en trop-plein. Ces effluents bruts peuvent soit :

- Être orientés vers ouvrage de stockage (bâche, bassin tampon) avant d'être réinjectés dans le système d'assainissement.
- Rejoindre directement le milieu naturel.

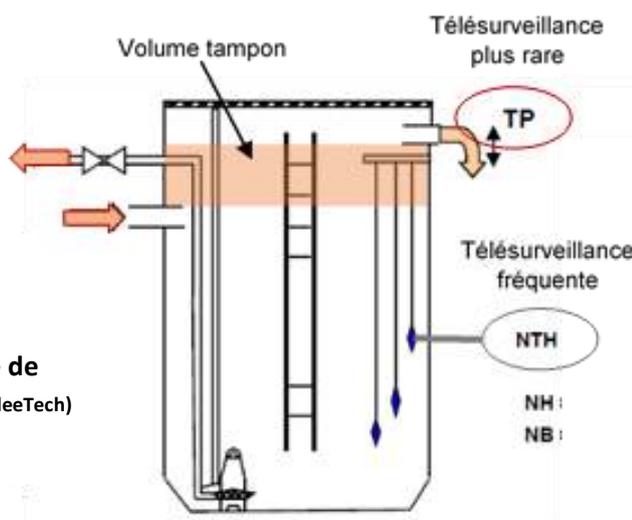


Figure 39: Schéma de principe d'un poste de refoulement (Source : Diagnostic réseaux Avranches, IdeeTech)

Point réglementaire relatif à la surveillance des trop-pleins :

*Le trop-plein des postes qui reçoivent une charge organique supérieure à 120 kg DBO5/jour, soit 2000 EH (point A1), **doit être équipé et suivi** dans le cadre de l'autosurveillance (mesure du temps de déversement journalier et estimation des débits, voire mesure et enregistrement des débits en continu).*

*Le suivi du trop-plein des autres postes (point R1) **peut être équipé** comme un point A1, sur la base d'une demande des services de l'état. Cette demande est justifiée en cas de non-respect d'un objectif de qualité sur une masse d'eau, ou en cas d'impact potentiel sur un usage sensible : baignade, conchyliculture. L'équipement du point R1 est acté dans les prescriptions de l'arrêté préfectoral d'autorisation de rejet.*

Un trop-plein (ou DO), sans être un point R1, **peut être équipé** d'un dispositif de mesure de détection de trop plein dans le cadre d'un renforcement de surveillance du réseau (démarche volontaire afin d'améliorer la connaissance et la gestion patrimoniale des réseaux).

Sur certains réseaux, souvent d'anciens réseaux unitaires, des déversoirs d'orage (DO) sont encore présents. Il s'agit de surverses existantes sur le réseau d'eaux usées pour assurer un délestage des eaux (diluées) en cas de fortes pluies. Une canalisation connecte le réseau EU au réseau EP : lorsque le réseau EU monte en charge (sensibilité aux eaux parasites), les eaux usées se déversent vers le réseau d'eaux pluviales.

Sur les réseaux séparatifs, la présence de DO est interdite (la suppression des DO est réalisée dans le cadre de la reconnaissance des réseaux, notamment au cours des diagnostics). Sur les réseaux unitaires, les extensions de réseau réalisées en séparatif, et les travaux de mises en séparatif généralisés sur les territoires, devraient permettre de supprimer ces ouvrages de rejet au milieu.

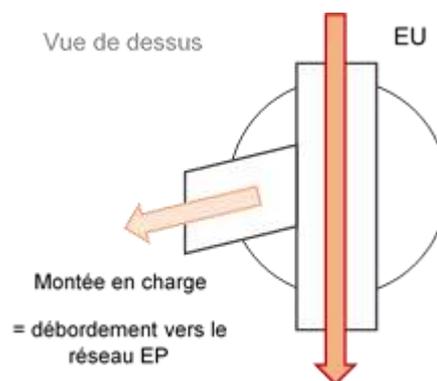


Figure 40: Schéma de principe d'un déversoir d'orage

X.3.1. Le poste général (PRG) des stations

Les eaux usées transférées aux stations d'épuration sont la plupart du temps relevées ou refoulées jusqu'à la filière de traitement. Un poste général de station d'épuration qui dysfonctionne et déborde, peut être particulièrement impactant puisqu'il reçoit l'ensemble des effluents de l'agglomération raccordée avant de rejoindre la station de traitement.

Différents éléments (équipements) permettent d'évaluer l'impact des PRG. Le trop-plein peut être orienté vers un ouvrage de stockage (bassin tampon = A5). Dans le cas contraire, le trop-plein est directement rejeté dans le milieu récepteur (point A2). Les PRG équipés d'une télésurveillance permettent d'intervenir rapidement sur le dysfonctionnement.



Un recensement des volumes (ou les temps) déversés en tête de station (point A2) sur la période 2012 à 2018 a été réalisé. Aucune base de données globale ne recense actuellement ces éléments. Ces derniers sont essentiellement issus des bilans annuels de fonctionnement des stations de traitement (Tableau 9).

Tableau 9 : Caractéristique des PRG des stations et recensement des volumes de déversement

ssBV	STEP - Commune	Code National	Poste général (PRG)	Déversoir en tête de station (A2 = trop plein)						
				2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
0	PIN	0444124S0001	NON	0	0	0	0	0	0	0
	VRITZ	0444219S0001	NON	0	0	0	0	0	0	0
1	SAINT-SULPICE-DES-LANDES	0444191S0001	NON	0	0	0	0	0	0	0
2	ANGRIE	0449008S0001	NON	0	0	0	0	0	0	0
	CANDE	0449054S0001	OUI	?	0	0	0	0	0	Temps (82h)
4	ANGRIE	0449008S0002	NON	0	0	0	0	0	0	0
	LOUROUX-BECONNAIS	0449183S0002	OUI	3030	1730	2454	245	1297	210	?
5	CORNUAILLE	0449108S0001	NON	0	0	0	0	0	0	0
6	MEILLERAYE-DE-BRETAGNE	0444095S0003	OUI	0	0	0	Temps (3h)	0	Temps (6h)	0
	MEILLERAYE-DE-BRETAGNE	0444095S0004	?	?	?	?	?	?	?	?
7	JOUE-SUR-ERDRE	0444077S0002	NON	0	0	0	0	0	0	0
	JOUE-SUR-ERDRE	0444077S0004	NON	0	0	0	0	0	0	0
8	CASSON	0444027S0002	OUI (by-pass = A5)	?	0	0	0	0	0	0
9	TEMPLE-DE-BRETAGNE	0444203S0002	OUI	?	0	0	0	14235	4745	?
	TREILLIERES	0444209S0002	OUI	?	0	0	0	0	4745	?
	VIGNEUX-DE-BRETAGNE	0444217S0001	?	?	?	?	0	?	?	?
	VIGNEUX-DE-BRETAGNE	0444217S0002	OUI	?	0	0	225	0	0	?
10	SAINT-ETIENNE-DE-MONTLUC	0444158S0001	?	?	?	?	?	?	?	?
	VIGNEUX-DE-BRETAGNE	0444217S0003	?	?	?	?	?	?	?	?
11	FREIGNE	0449144S0001	OUI	?	?	?	?	?	?	0
12	LIGNE	0444082S0002	OUI	647	2780	3400	1579	526	20	1838
	PETIT-MARS	0444122S0003	?	?	?	?	?	?	?	?
	TOUCHES	0444205S0001	?	?	?	0	?	?	?	?
14	JOUE-SUR-ERDRE	0444077S0003	OUI (by-pass = A5)	0	0	0	0	0	0	0
	RIAILLE	0444144S0001	NON	0	0	0	0	0	0	0
15	TRANS-SUR-ERDRE	0444207S0002	NON	0	0	0	0	0	0	0
16	CARQUEFOU	0444026S0012	?	?	?	?	?	?	?	?
17	BONNOEUVRE	0444017S0001	NON	0	0	0	0	0	0	0
	SAINT-MARS-LA-JAILLE	0444180S0001	OUI	?	0	0	0	275	0	1030
20	NORT-SUR-ERDRE	0444110S0001	OUI	325	0	0	365	365	444	?
21	PETIT-MARS	0444122S0002	?	?	?	?	?	?	?	?
	PETIT-MARS	0444122S0004	OUI	?	1095	0	0	0	0	?
	SAINT-MARS-DU-DESERT	0444179S0003	OUI	325	1800	6350	1065	822	0	6771
24	RANDCHAMPS-DES-FONTAINES	0444066S0002	OUI	0	630	300	0	0	0	?
25	CARQUEFOU	0444026S0013	?	?	?	?	?	?	?	?

Les déversements ont été les plus conséquents en 2016, avec un volume de 17 520 m³. La station de Temple-de-Bretagne était la principale contributrice sur cette année (

Tableau 10). Des stations de traitement comme celles de Ligné, de Saint-Mars-du-Désert, de Louroux-Beconnais sont annuellement sujettes à des déversements d'eaux brutes depuis le point A2.

Tableau 10 : Bilan des volumes déversés annuellement au point A2 des stations entre 2012 et 2018

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Volume rejeté en eaux brutes (m ³) par les PRG	4327	8035	12504	3479	17520	10164	9639

X.3.2. Les autres postes de refoulement du réseau

Les autres postes des réseaux d'eaux usées (point réglementaire A1 et R1) peuvent paraître moins à risque que les postes généraux. En effet, ils ne relèvent ou ne refoulent pas la totalité des effluents d'une agglomération. Seul un secteur délimité de l'agglomération est raccordé sur chaque poste. Ces postes de refoulement, disséminés sur le territoire, sont généralement moins suivis et entretenus que les postes généraux.

Si leur impact en cas de débordement est moindre (quantité d'effluent reçue), leur fréquence de débordement peut être importante. Afin d'évaluer l'impact potentiel de ces postes, il est nécessaire de les caractériser (de la même manière que pour les postes généraux) : *Le PR dispose-t-il d'une télésurveillance ? Le PR est-il équipé d'un trop-plein ? Ce trop-plein dispose-t-il d'une télésurveillance ?*



Il n'existe actuellement pas de base de données globale reprenant les caractéristiques des postes sur l'ensemble du territoire, et notamment la charge organique qu'ils reçoivent ou le nombre d'habitants raccordés, ainsi que sur les mesures qualitative et quantitatives de débordements.

Les PR situés sur la CCEG ont été recensés lors de l'étude diagnostic de SCE en 2018. Les données des autres communautés de communes sont issues des informations recueillies lors de cette étude et géolocalisées sur SIG. Le tableau suivant présente une synthèse des informations disponibles sur les postes de refoulement (relèvement) (Tableau 11).

Sur le réseau d'eaux usées sur le bassin versant de l'Erdre, au moins 159 postes de refoulement ou relèvement sont identifiés. Au minimum 92 postes sont télésurveillés (soit 37%) et 40 PR sont équipés d'un trop-plein (16%). Une alerte est donc instantanément transmise au gestionnaire en cas de dysfonctionnement et en fonction des équipements installés : désamorçage des pompes, fonctionnement trop long d'une pompe, atteinte du Niveau Très Haut, débordement.

Des déversoirs d'orage ont également été identifiés. Ils sont à minima au nombre de 9, tous situés sur la commune de Candé. L'identification des déversoirs d'orage est dépendante d'un diagnostic précis et exhaustif des réseaux, avec ouverture de l'intégralité des regards. Il est donc possible que d'autres déversoirs d'orage soient présents sur le territoire mais non identifiés.

Le flux en éléments phosphorés et azotés déversé par un poste de refoulement dépend de l'heure à laquelle le déversement se produit. En effet, entre 0 et 5h, en l'absence d'activité domestique, le volume sanitaire qui transite par les réseaux est très faible voire nul. Un débordement en journée engendrera cependant un flux plus important.

De la même manière, la cause du déversement influence également le flux rejeté au milieu. Sur une même durée de déversement, un dysfonctionnement mécanique du poste (obstruction, panne...) engendrera un rejet d'eaux usées brutes. A l'inverse, une surcharge hydraulique (saturation de la capacité de pompage à cause de la présence d'eaux parasites) entrainera un rejet d'eaux usées diluées. Peu de données existent pour calculer un flux réel lors de ces dysfonctionnements.

Tableau 11 : Recensement des Poste de Relèvement

EPCI	Communes	Nbr poste de relèvement	Equipé d'une télésurveillance	Présence d'un trop-plein
Anjou Bleu Communauté	Angrie	6	?	?
	Candé	6	?	?
CC des Hautes Vallées d'Anjou	La Cornuaille	0	?	?
	Le Louroux Beconnais	5	0	?
CC du Castelbriantais	La Meilleraye-de-Bretagne	OUI (?)	?	?
CC Coeur d'Estuaire	Le Temple-de-Bretagne	?	?	?
	Saint-Étienne-de-Montluc	?	?	?
COMPA	Joué-sur-Erdre	7	7	?
	Le Pin	1	0	?
	Ligné	6	5	?
	Riaillé	7	?	?
	Trans-sur-Erdre	2	?	?
	Bonnoeuvre	2	?	?
	Saint-Mars-la-Jaille	3	?	?
	St-Sulpice-des-Landes	1	?	?
	Vritz	1	?	?
Freigné	3	?	?	
CCEG	Casson	5	5	5
	Grandchamps-des-Fontaines	8	8	4
	Les Touches	3	3	1
	Nort-sur-Erdre	33	28	11
	Petit-Mars	7	7	3
	Saint-Mars-du-Désert	6	6	2
	Sucé-sur-Erdre	20	16	9
	Treillières	16	?	2
Vigneux-de-Bretagne	11	7	3	
Nantes Métropole	Carquefou	27	?	?
	La Chapelle-sur-Erdre	34	?	?
	Nantes	23	?	?
	Orvault	5	?	?
	Sautron	3	?	?
Nombre total		Au moins 251	Au moins 92	Au moins 40

X.4. L'assainissement non collectif

X.4.1. Contexte réglementaire

Dans le cadre de la Loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques du 30 décembre 2006, le Service Public d'Assainissement Non Collectif (ANC) assure un contrôle des installations, aussi bien lors de la construction des ANC que de réhabilitations. Selon les dispositions relatives à l'application de l'article 35- § I et § II de cette loi, la vérification exercée par les gestionnaires porte sur :

- Pour les installations neuves ou réhabilitées à la vérification de la conception au niveau du permis de construire et de la bonne exécution des ouvrages,
- Pour les installations existantes aux visites périodiques pour la vérification du bon état des ouvrages, de leur ventilation, d'un bon écoulement des effluents, de l'accumulation normale des boues dans la fosse toutes eaux, de l'entretien par vidange ainsi que la vérification éventuelle des rejets vers les milieux aquatiques.

À la suite de la Loi Grenelle 2 du 13 juillet 2010 imposant une fréquence maximale de contrôle tous les 10 ans, deux arrêtés sont venus modifier la réglementation liée à l'assainissement non collectif.

L'arrêté du 7 mars 2012, modifiant celui du 7 septembre 2009, fixe les prescriptions techniques applicables aux installations d'assainissement non collectif, recevant une charge brute de pollution organique inférieure ou égale à 1,2 kg/jour de DBO5 (ou 20 Equivalents Habitants). Des installations de type microstation ont été notamment agréées au titre de l'article 5 de l'arrêté du 7 mars 2012. Elles sont publiées au Journal Officiel.

L'arrêté du 27 avril 2012 révisé les contrôles. En effet, en dehors des situations mentionnées ci-après, rien n'oblige un propriétaire à faire des travaux de mise aux normes même si son installation a été contrôlée « non conforme ».

Si une installation est contrôlée non conforme, des travaux de mise aux normes sont obligatoires dans un délai de 10 ans si :

- l'installation se trouve dans une « zone à enjeu sanitaire », comme par exemple un périmètre de protection de captage d'eau potable, ou une zone à proximité d'une baignade dans le cas où le profil de baignade a identifié un ANC, ou un groupe d'ANC, parmi les sources de pollution de l'eau de baignade.

- l'installation présente un « danger pour la santé des personnes »

- l'installation présente un « risque avéré de pollution pour l'environnement ». Elle est située dans une « zone à enjeu environnemental » identifiée dans les SDAGE-SAGE.

La réglementation renforce donc les obligations de moyens mais pas de résultats.

X.4.2. Le recensement des ANC

Les données recueillies auprès des services assainissement de la CCEG, de la COMPA, d'Anjou-Bleu Communauté (commune Angrie et Candé) ont permis d'étudier les caractéristiques de l'ANC sur la majorité du territoire.

La population raccordée à un système d'assainissement non collectif est estimée à 37 000 habitants sur le bassin versant de l'Erdre (Figure 37).

A l'échelle communale, les densités d'assainissement non collectif sont hétérogènes (Figure 41). Un gradient d'amont en aval du bassin versant est aussi noté et lié à sa caractéristique démographique, la population étant plus nombreuse en aval.

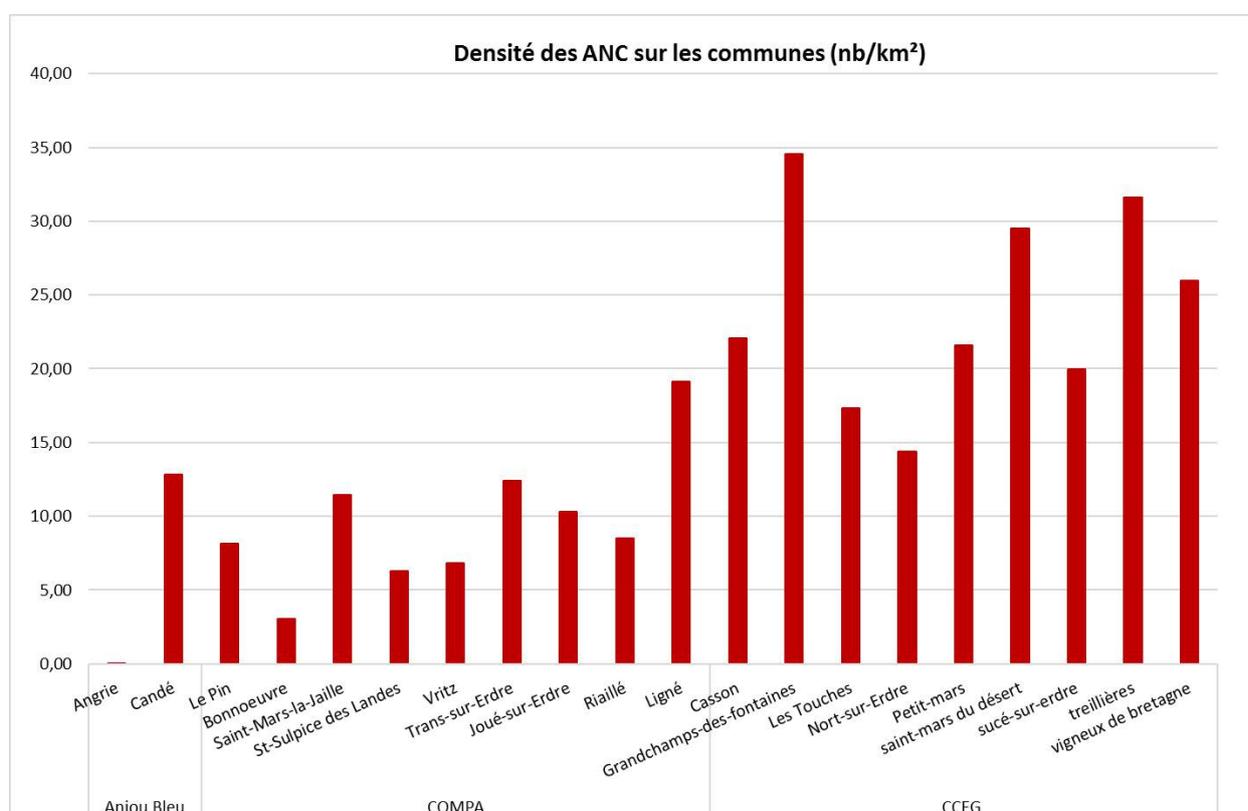


Figure 41: Densité des ANC (échelle communale)

Sur la partie amont (avant Nort-sur-Erdre), la densité en ANC évolue de 1 et 20 ANC/km². A contrario, le nombre d'ANC au kilomètre carré est de l'ordre de 15 à 35 sur la partie aval du bassin versant de l'Erdre.

Alors que le taux de raccordement à une station d'épuration est élevé sur la partie amont du bassin (Maine-et-Loire), la grande dispersion de l'habitant sur la commune de Candé influence la densité en ANC (15 ANC/km²).

Sur la partie aval, les communes de la Métropole de Nantes présentent nécessairement une faible densité en ANC puisque les communes sont reliées au réseau collectif de la Métropole de Nantes (proche de 100%).

Les données de la COMPA fournies ici présentent également l'état de conformité des installations visitées, et permettent d'aller un peu plus loin dans le diagnostic de son parc d'installations.

Sur ce territoire, le taux des ANC en état de conformité ne représenterait que 3,6% de l'ensemble des ANC du territoire. Notons que la part des ANC n'ayant aucune indication sur l'état de conformité représente un peu plus de la moitié des ANC référencés (Figure 42).

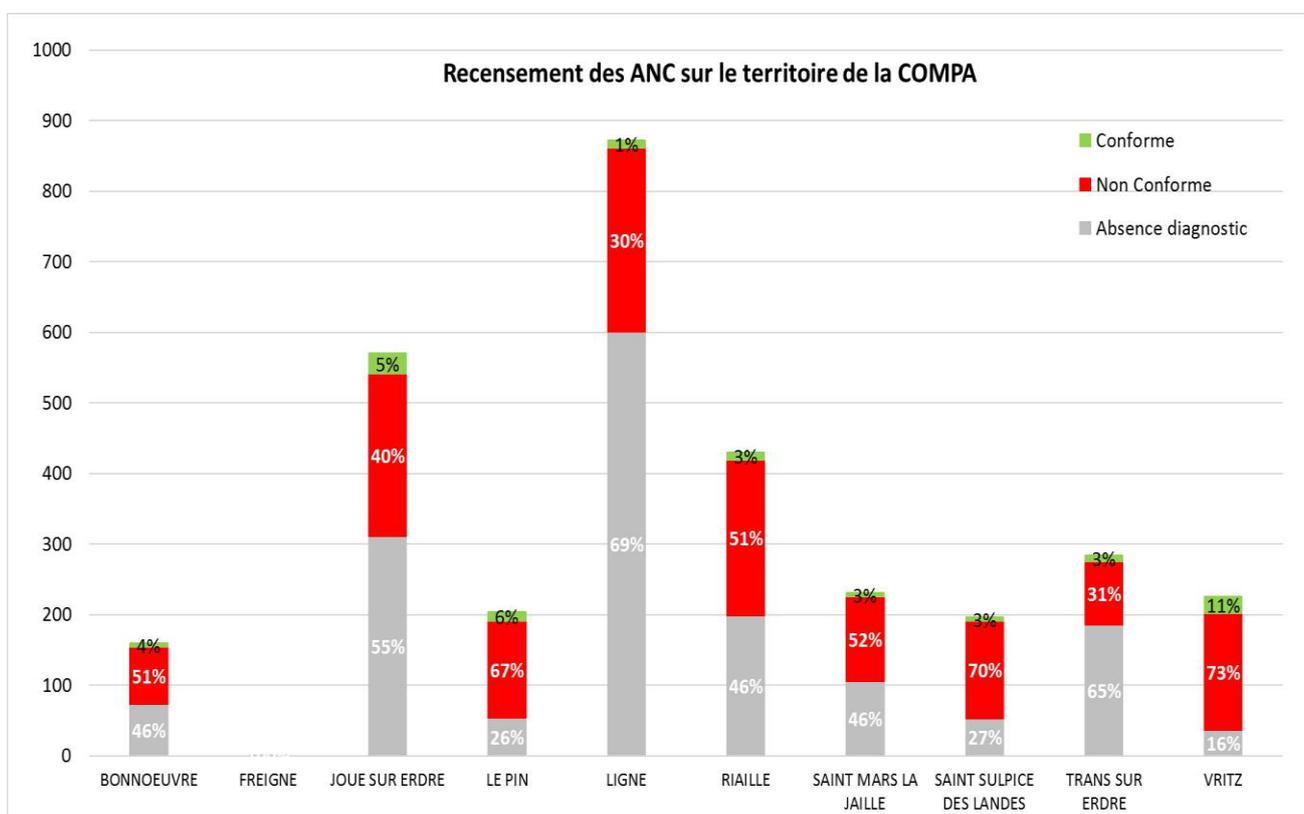


Figure 42: Part des ANC selon l'état de diagnostic sur le territoire de la COMPA

Le Service Public d'Assainissement Non Collectif (SPANC) des communautés de communautés assure un contrôle des installations, aussi bien lors de constructions que de réhabilitations. La vérification porte sur la conformité du dispositif (norme DTU-64-1), mais aussi sur son entretien et son bon fonctionnement.

Les données récoltées ne permettent pas d'évaluer la pression que représente ce type de d'assainissement en termes de source de phosphore et de transfert vers le réseau hydrographique. L'information sur l'état de conformité ne permet pas d'appréhender la contribution d'une installation d'assainissement autonome puisque le diagnostic est visuel. De plus il n'intègre pas le niveau d'abattement en N et ni en P.

Il n'est donc pas possible d'utiliser les données SPANC pour définir le poids de l'ANC sur le flux de nutriments véhiculés par l'Erdre et ses affluents.

Aussi, afin de discriminer le parc des fosses individuelles (connues par le SPANC), nous utilisons notre méthodologie spatiale qui cherche à déterminer le risque potentiel d'une connexion d'un rejet (s'il existe) avec le réseau hydrographique, directement ou via le réseau de fossés. C'est la position de l'ANC par rapport au réseau hydrographique qui est le facteur de risque, sans connaître (hélas) la qualité d'épuration de cette ANC.

La carte ci-dessous (Figure 43) présente la localisation des ANC. Dans la base de données de la CCEG les installations ANC sont géoréférencées (c'est une exception) et peuvent donc venir enrichir directement notre base SIG de l'étude (

Tableau 12).

Sur le reste du territoire la géolocalisation a été réalisée par conversion des références cadastrales existantes dans les bases de données SPANC en coordonnées X,Y sur Système d'Information Géographique (SIG) lorsque la localisation cadastrale existait. Un biais existe sur le nombre d'ANC géoréférencés, puisque la conversion des références cadastrales en coordonnées X,Y, entraîne une approximation du lieu de rejet (à 100m près).

Tableau 12: Nombre d'ANC géoréférencés

	Nb ANC avant géoréférencement	Nb ANC géoréférencés
COMPA	3172	2109
CCEG	7665	7665
ANJOU BLEU (Candé, Angrie)	242	242

Rq : L'utilisation des références cadastrales n'est pas pérenne puisque celles-ci évoluent dans le temps : lors de la création de communes nouvelles, ou encore de divisions parcellaires.

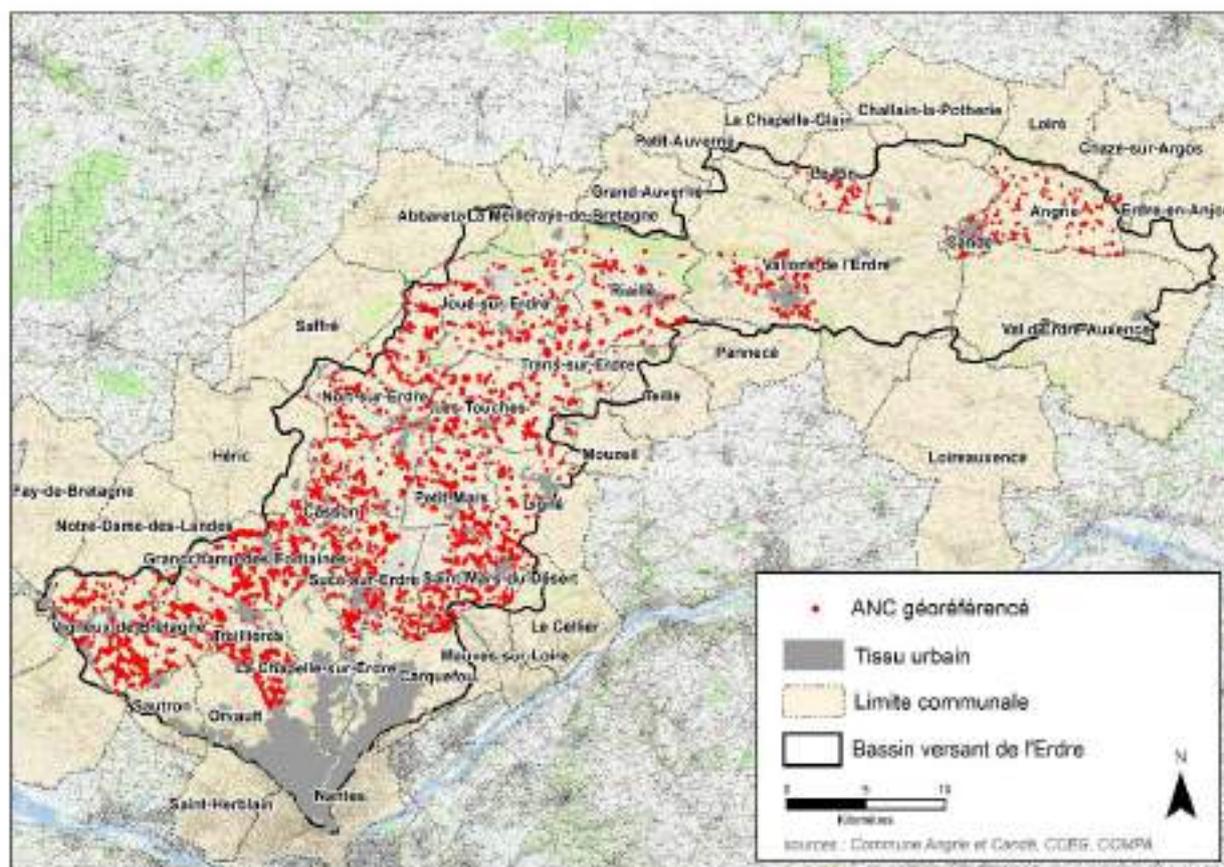


Figure 43 : Localisation des habitations équipées d'un ANC sur le bassin versant de l'Erdre (Géolocalisation réalisé dans notre base SIG)

Ainsi 90% des installations référencées dans les bases SPANC ont pu être localisées (carte précédente). La carte ci-dessus montre également les secteurs sur lesquels l'information n'a pu être récupérée (communes sans point).

Ainsi géoréférencée, chaque installation ANC peut donc être qualifiée par sa distance au cours d'eau.

En fonction de la densité du réseau hydrographique nous avons retenu pour le BV de l'Erdre 3 classes de positionnement des ANC (Figure 44) :

- Très proche du réseau hydrographique pour une distance < à 30 m
- Distance modérée du réseau hydrographique pour une distance entre 30 et 100 m
- Distance importante du réseau hydrographique pour une distance > à 100 m.

La cartographie thématique obtenue présente le risque potentiel qui repose sur le postulat suivant : plus la fosse est proche du cours d'eau, plus elle représente un risque élevé en termes de sources de phosphore et d'azote. A l'inverse, plus la fosse est éloignée du réseau

hydrographique, plus le ce risque et faible et plus le taux d'abattement du flux résiduel par le compartiment sol sera effectif, attribuant à la fosse un risque faible.



Figure 44 : Equivalence entre le degré de risque de transfert de Phosphore au cours d'eau (ou fossé circulant) et le pourcentage d'abattement selon notre méthodologie (I & G 2013)

Rq : Cette méthode considère que par défaut chaque ANC a un rejet. Ceci ne peut être vérifié que si l'information est transmise par les SPANC.

Les résultats de la hiérarchisation des ANC selon le réseau hydrographique illustre bien l'impact de ces derniers dans notre approche méthodologique (Figure 45 et Tableau 13).

Tableau 13 : Résultat de la hiérarchisation des ANC par rapport au réseau hydrographique

	Nb ANC avant géoréférencement	Nb ANC géoréférencés	Nb ANC 0 – 30 m	Nb ANC 30 – 100 m	Nb ANC 100 m
COMPA	3172	1696	26	223	1447
CCEG	7665	7665	129	1169	6367
ANJOU BLEU (Candé, Angrie)	242	242	5	45	192

Rappelons que l'existence d'un réseau potentiel de fossés circulants, c'est-à-dire connectés au cours d'eau, pourrait venir "raccourcir" ces distances et modifier l'attribution des classes de risques. Par exemple, une fosse caractérisée par un risque modéré pourrait passer au risque élevé si un fossé circulant était identifié à proximité de l'habitation. Cette approche n'a pas été développée lors de cette mission.

Cette approche complémentaire, spatiale, permet de définir un risque, certainement surestimé, car par défaut, sans information des différents SPANC, il est considéré que toutes les installations ont un rejet.

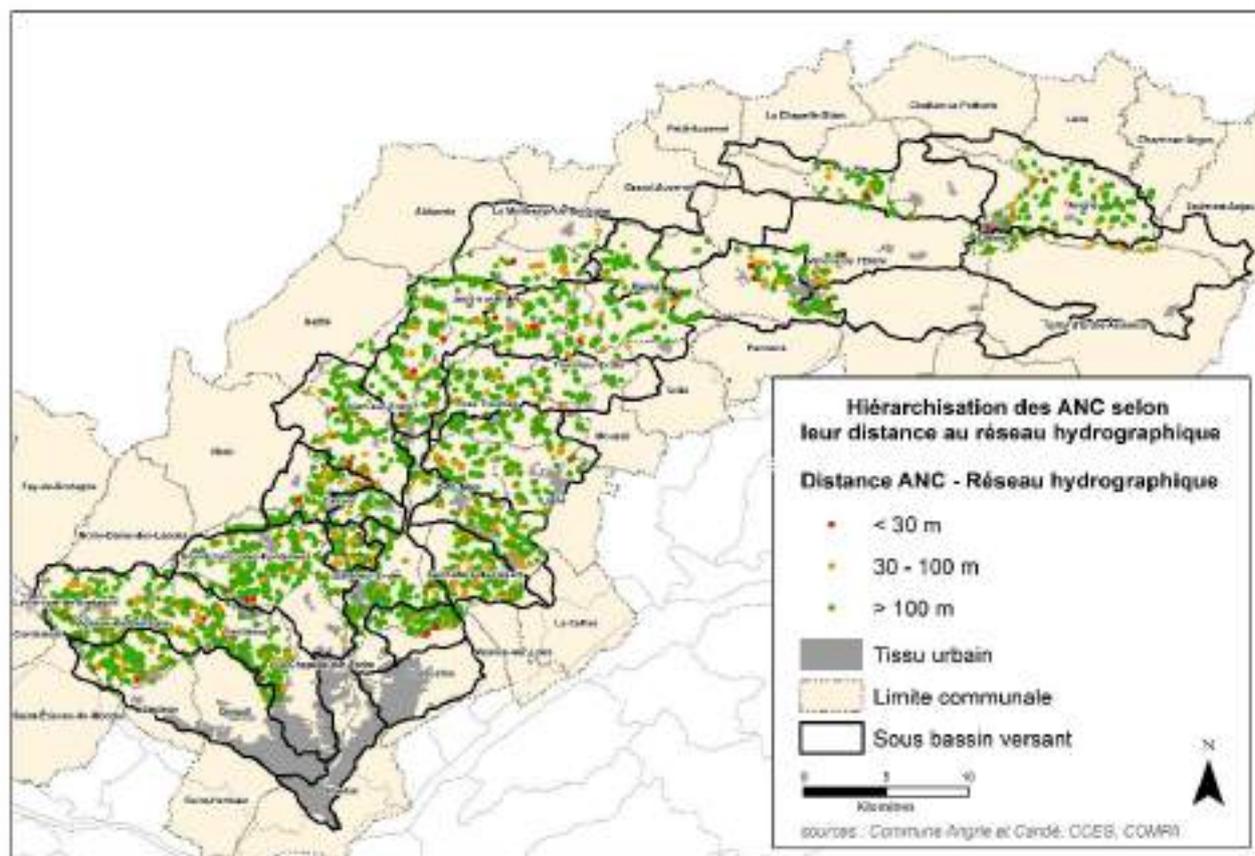


Figure 45 : Localisation et hiérarchisation des ANC par rapport au réseau hydrographique

Sur ce panel représentatif, les installations à risque fort de fuite d'effluent traité, riche en phosphore et en N (quelques mg/L) seraient au nombre de 160 sur les 9603 géoréférencées.

Le parc de 35 stations d'épuration a une capacité totale nominale de 68 762 EH, dont 65% ont une capacité nominale < 2 000 EH. 52% des filières sont des « boues activées » et 21% sont des lagunes.

Le parc est en phase de renouvellement pour une moyenne d'âge de 18 ans, avec 7 mises en conformité et 3 créations de stations depuis 2008. La station de Tougas située en dehors du bassin versant, dont le nombre de raccordés est d'environ 170 000 habitants, n'est pas intégrée à l'étude.

Sur les postes du réseau eaux usées, il est comptabilisé au moins 251 postes de relèvement, dont 92 sont télésurveillés (37%) et 40 équipés d'un trop-plein (14%), ainsi qu'au minimum 9 déversoirs d'orage.

La méthode de hiérarchisation a permis d'estimer 160 installations à risque fort de fuite d'effluent traité vers les cours d'eau.

ETAPE 2 : Fonctionnement hydraulique sur le bassin versant

I. Gestion hydraulique de l'Erdre

I.1. Caractérisation du fonctionnement général

Une partie des débits drainés sur le bassin versant amont transite par des réservoirs (dont Vioreau). Les eaux recueillies rejoignent l'Erdre par les trop-pleins en période de hautes eaux. En période de basse eau, le grand réservoir de Vioreau est destiné à l'alimentation hydraulique du Canal de Nantes à Brest, via un canal artificiel d'une vingtaine de kilomètres : la rigole d'alimentation. Cette dernière qui intègre plusieurs ouvrages d'art, rejoint le Canal de Nantes à Brest au niveau du bief de partage des eaux. L'eau stockée peut rejoindre notamment l'Erdre via cette rigole d'alimentation qui est contrôlée par des vannes (Figure 46 et Figure 47).

La partie aval de l'Erdre, de l'écluse de Quiheix jusqu'à l'écluse de Saint Félix, constitue le second bief de canal de Nantes à Brest, le premier étant la partie Ecluse – Loire.

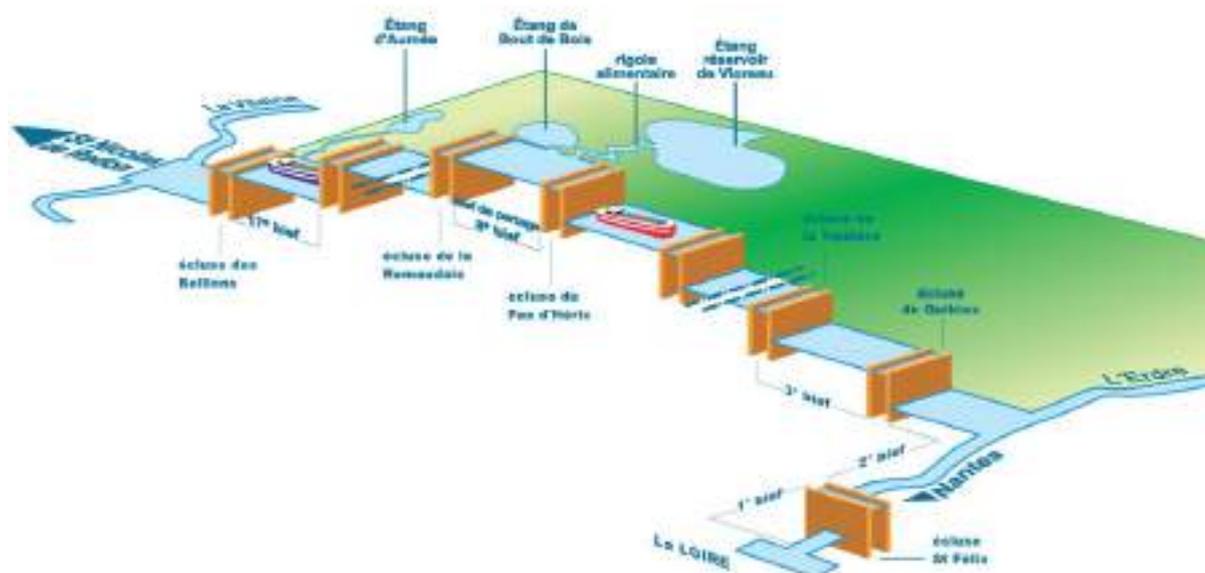


Figure 46 : Schéma du principe d'alimentation en eau du Canal de Nantes à Brest (Edenn)



Figure 47 : La rigole alimentaire

1.2. La gestion du niveau d'eau par l'écluse Saint Félix

La gestion des niveaux d'eau de la rivière est effectuée par l'écluse Saint Félix grâce à un déversoir mobile. Le niveau d'eau est régulé par le Service Infrastructures et Voies Navigables du Conseil Départemental, propriétaire de l'ouvrage.

Ce dernier est maintenu à 4,08 m NGF Lallemand (4,34 m NGF IGN 69) par arrêté préfectoral, pour des raisons de navigabilité et de protection des crues de l'agglomération de Nantes (Figure 48).

En cas de hausse de la cote dès 20 cm au-dessus de l'étiage à l'écluse de Quiheix à Nort-sur-Erdre, l'éclusier de Saint-Félix est prévenu pour réguler des eaux. En effet, un système d'évacuation des crues (deux vannages) est présent au niveau de l'écluse afin d'écarter les crues de largeur 2,50 m (Edenn).

Le marais de Mazerolles d'une superficie de plus de 2000 ha a un rôle tampon. Un dispositif de vannage régule la montée des eaux en faisant rentrer l'eau de l'Erdre à l'intérieur du marais. De plus, un réseau de douves communique avec un canal qui draine les eaux du marais de Mazerolles. La présence d'une station de pompage permet le rejet de l'eau du marais vers l'Erdre afin de le mettre hors d'eau en période estivale (Edenn, géo-hyd, 2016).

Durant la période hivernale,

- Du 1^{er} novembre au 1^{er} janvier, le niveau d'eau est monté progressivement à +20 cm (soit 4,54 m NGF IGN 69)
- De janvier à mi-avril, la cote est maintenue à +20 cm pour le maintien en eau des frayères
- Du 15 avril au 1^{er} juin, une baisse progressive du niveau d'eau est programmée

Durant la période estivale,

- A partir du 1^{er} juin, le maintien du niveau de la cote +10 cm, pour permettre les interventions agricoles dans les marais
- Une baisse progressive et naturelle jusqu'au niveau d'étiage (4,34 m NGF 69) se fait en août-septembre
- D'août à novembre, le niveau d'étiage est maintenu à un niveau inférieur ou égal à +5 cm afin de garder l'accès au marais lors d'épisode pluvieux en été (Edenn).

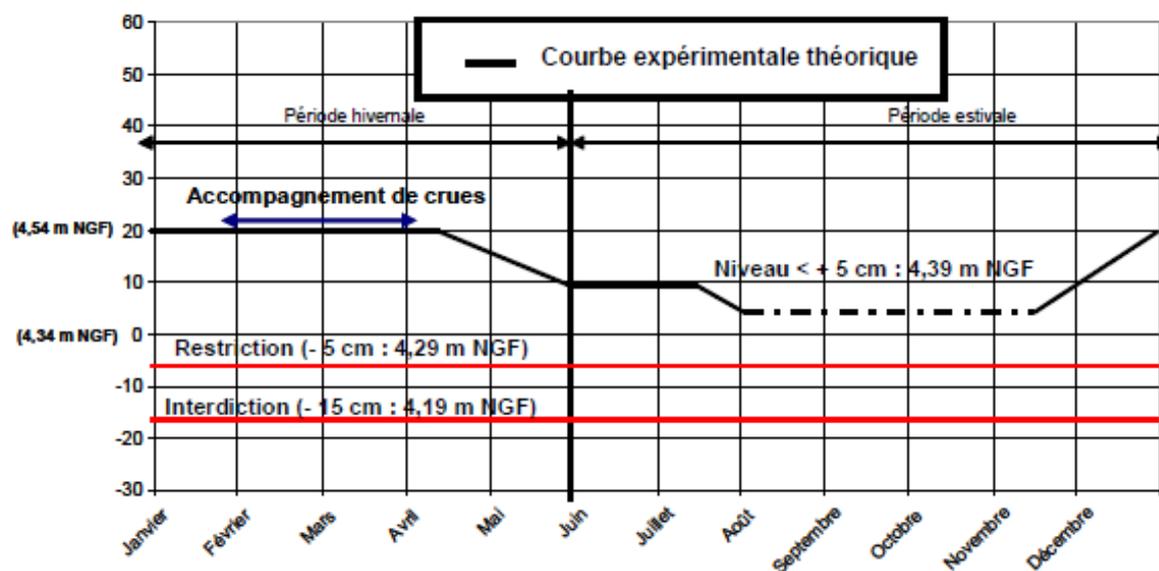


Figure 48: Gestion hydraulique de l'Erdre au niveau de l'écluse de Guiheix (Edenn)

Le rôle de tampon de la Plaine de Mazerolles et de la Poupinière se confirme par les mesures de hauteurs d'eau sur différents secteurs de l'Erdre. Les hauteurs d'eau à Port Jean sont plus basses qu'à l'écluse, et l'Erdre plus en amont gagne en hauteur d'eau (Sucé-sur-Erdre) pour ensuite atteindre une valeur supérieure à celle à l'écluse Saint-Félix. Il y a donc un maintien du niveau d'eau de façon naturel (Figure 49).

Evolution des hauteurs d'eau et de la pluviométrie dans l'erdre

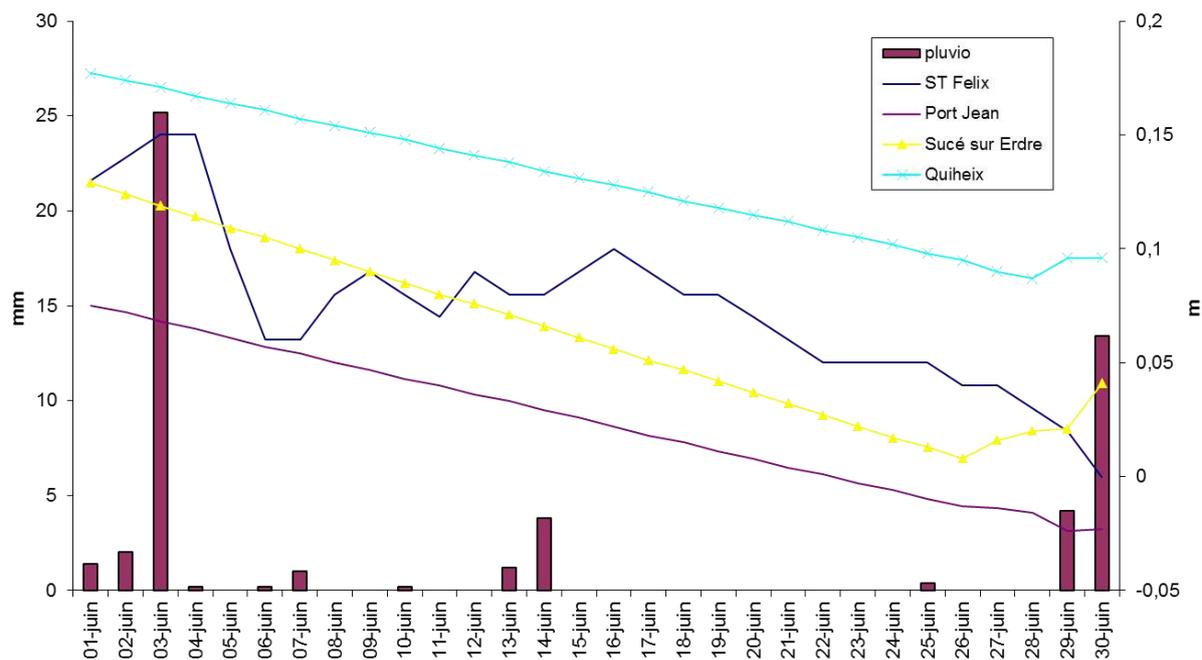


Figure 49: Evolution des hauteurs d'eau sur 4 stations (SETUDE, 2003)

II. Débits caractéristiques

Trois stations hydrométriques mesurent les débits de l'Erdre : à Candé [La Grée] (169 km²) à une altitude de 34 m, à Bonnœuvre [Les Basses Provostières] et à Nort-sur-Erdre [Moulin de Vault] (472 km²) à 4 m d'altitude (Figure 50). Il n'y a pas de station de mesures à l'aval de Nort-sur-Erdre.

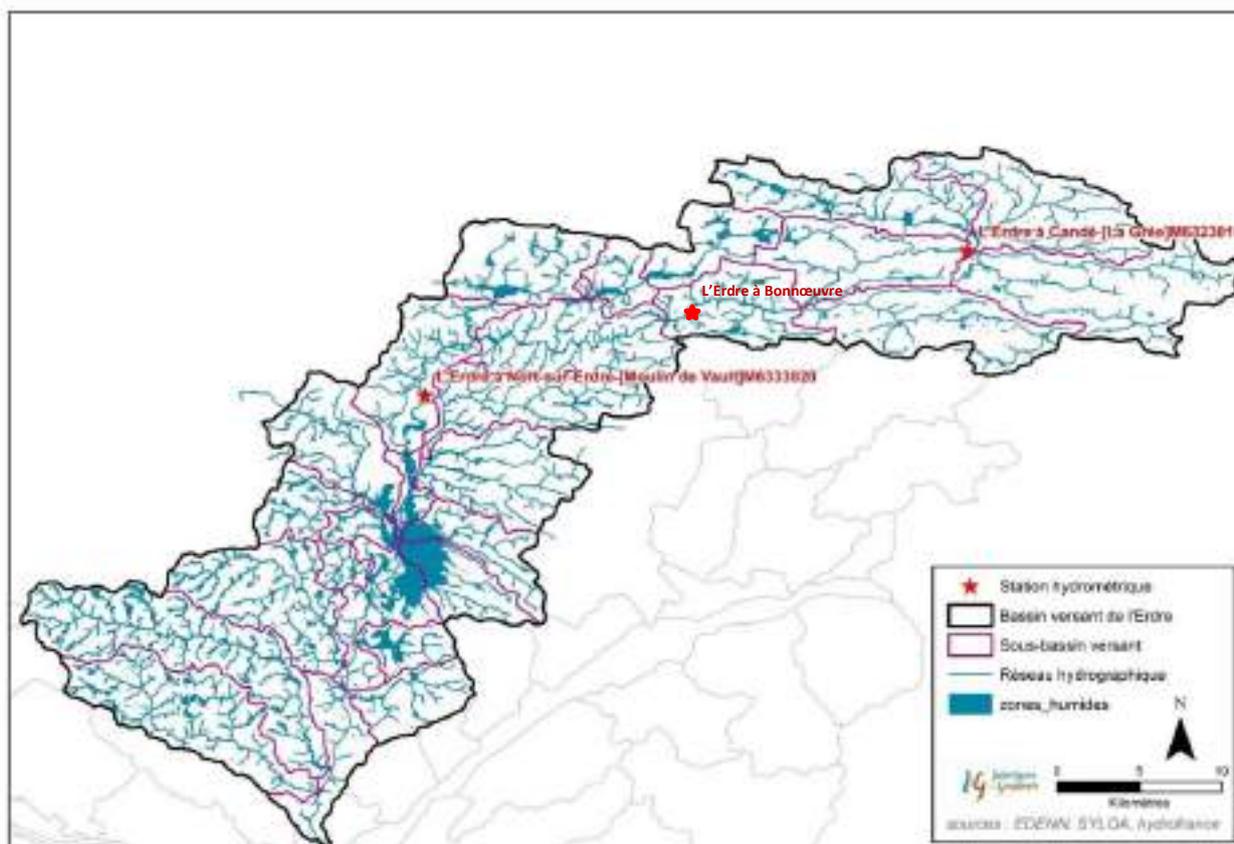


Figure 50: Localisation des stations hydrométriques (hydrofrance/Banque Hydro)

Les débits journaliers recueillis sont rapportés à la superficie des bassins versant drainés en amont de chaque station de mesures pour pouvoir comparer le fonctionnement hydrologique des trois bassins versants (Figure 52).

Ainsi, les volumes exportés par les cours d'eau seront corrélés à la surface du bassin drainé.

De même, **les flux d'éléments véhiculés par les eaux superficielles** (nitrates, phosphore total, matières en suspension) **seront corrélés aux variations des volumes d'eau** transportés par le cours d'eau.

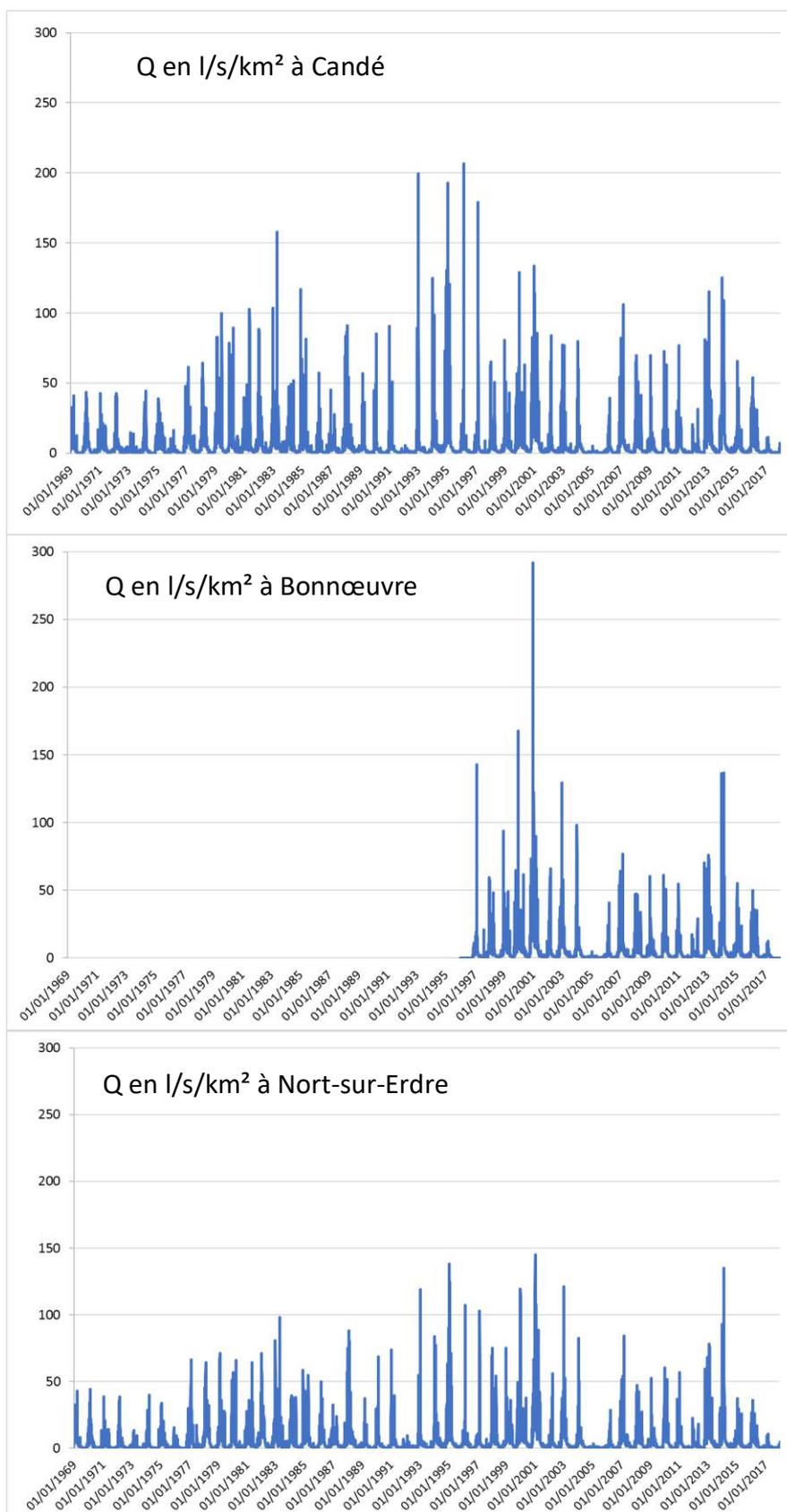


Figure 51: Evolution du débit journalier (l/s/km²) à Candé, Bonnœuvre et Nort-sur-Erdre (hydrofrance)

A partir des débits spécifiques journaliers à Candé et Nort-sur-Erdre, les débits spécifiques moyens mensuels sur la période 1969 – 2017 sont estimés (Figure 52). Ils soulignent l'évolution interannuelle et saisonnière similaires entre ces 3 stations, mais montre aussi une intensité des réactions hydrologiques différentes sur les périodes extrêmes (crue et d'étiage).

En période hivernale, l'Erdre connaît des pics de crue de l'ordre de 120 l/s/km², donc relativement élevés. A contrario, la réserve en eau disponible est assez faible en épisode estivale puisque le débit d'étiage n'est pas soutenu sur les bassins argilo-sableux. Sur une année hydrologique, les débits moyens restent faibles sur ce bassin versant (Figure 52).

D'après les débits spécifiques journaliers, l'Erdre à Candé est moins soutenu en étiage et la réactivité du cours d'eau est plus prononcée en crue avec des pics atteignant facilement 200 l/s/km². Tandis que l'Erdre à Nort-sur-Erdre a un drainage moins prononcé, puisque les pics de crue atteignent un peu moins 150 l/s/km² (Figure 52).

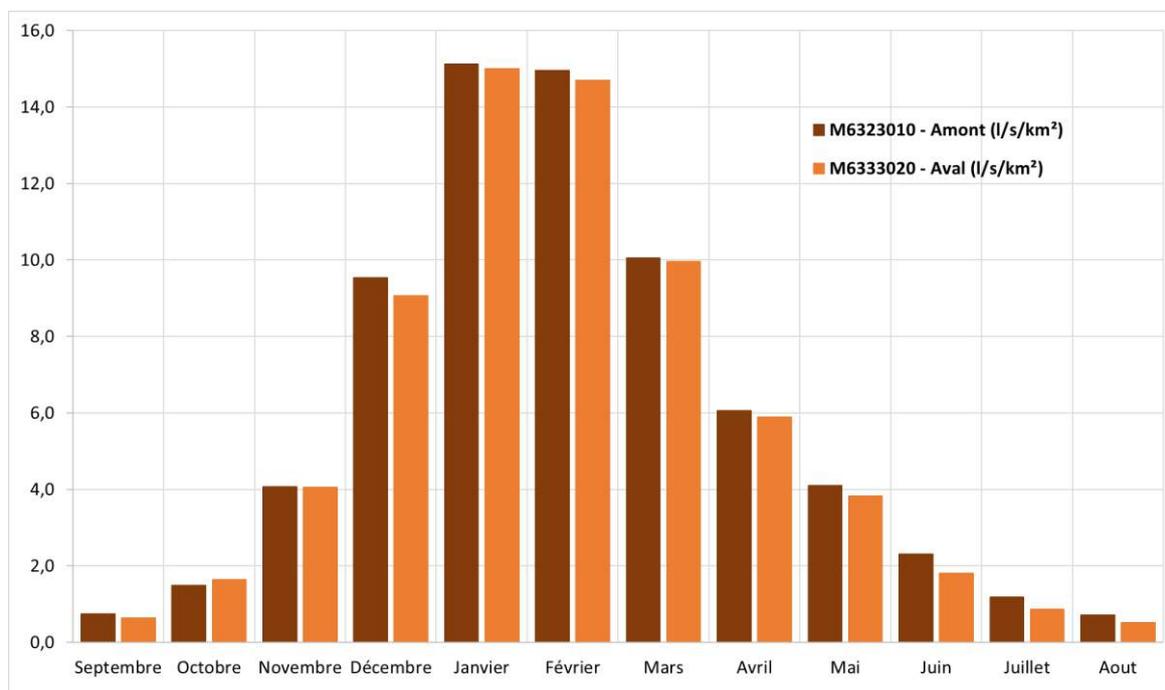


Figure 52 : Evolution moyennée des débits spécifiques (l/s/km²) sur les 48 dernières années (hydrofrance)

Si nous comparons les débits spécifiques annuels sur les 3 stations de mesures selon les années hydrologiques, le drainage des eaux sur le bassin versant de l'Erdre est 2,5 fois plus élevé sur une année humide (2013 – 2014) que sur une année à pluviométrie modérée (2015 – 2016) (Figure 53).

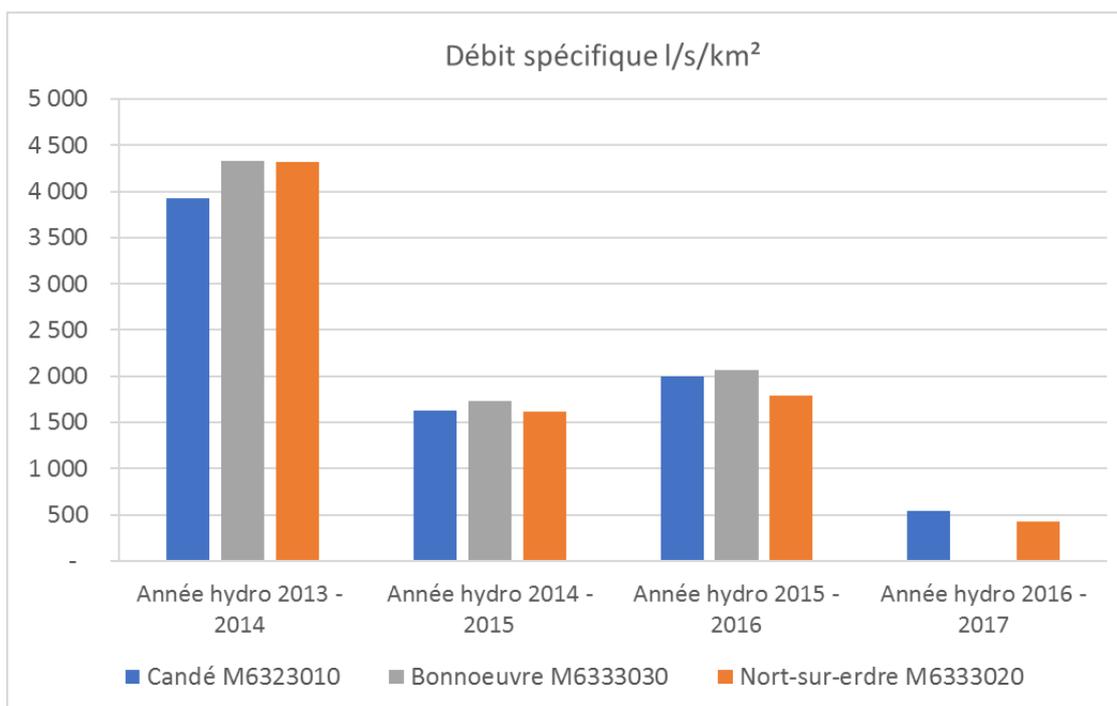


Figure 53 : Evolution des débits spécifiques annuels (hydrofrance)

Selon les références des débits de crue et de leur période de retour sur la station de Vaux à Nort-sur-Erdre, le dernier épisode de crue date du mois de février 2014 pour une période de retour de 25 ans, le précédent datant de janvier 2001 (Tableau 14 et Tableau 15).

Tableau 14 : Période de retour des crues de référence

Station	superficie (km ²)	Qi2	Qi5	Qi10	Qi20	Qi50	Qi100
Erdre à Vaux	472	31	46	57	67	80	90

Tableau 15: Période de retour de crues historiques

Date	Débit max (m ³ /s)	Période de retour
06/01/2001	70,6	25 ans
27/12/2002	64,3	15 ans
04/01/2003	55,4	10 ans
22/12/2012	32,9	2 ans
24/12/2013	48,5	5 ans
14/02/2014	72,2	25 ans

III. Modalités d'écoulement et d'envasement

III.1. Estimation de l'écoulement

Une étude réalisée par le bureau d'études DHI (2004) a fait l'état des lieux du fonctionnement hydraulique de l'Erdre, et plus particulièrement sur les modalités de vitesses d'écoulement et de l'envasement des fonds. Ces deux paramètres sont extrêmement liés. L'étude s'est focalisée sur la partie aval de l'Erdre, c'est-à-dire entre Nort-sur-Erdre et l'écluse Saint-Félix (Figure 54).

Lors de l'estimation des vitesses d'écoulement, les apports des affluents n'ont pas été pris en compte étant donné leur poids négligeable été comme hiver devant les débits de l'Erdre (DHI, 2004).

La modélisation des vitesses s'est basée sur 5 régimes de fonctionnement relatif à des débits : moyen estival, moyen annuel, moyen en janvier, de crue de janvier 2004 et de 1995. La hauteur d'eau est maintenue à 4,34 m NGF IGN 69 à l'écluse Saint-Félix et un débit constant est défini à Nort-sur-Erdre.

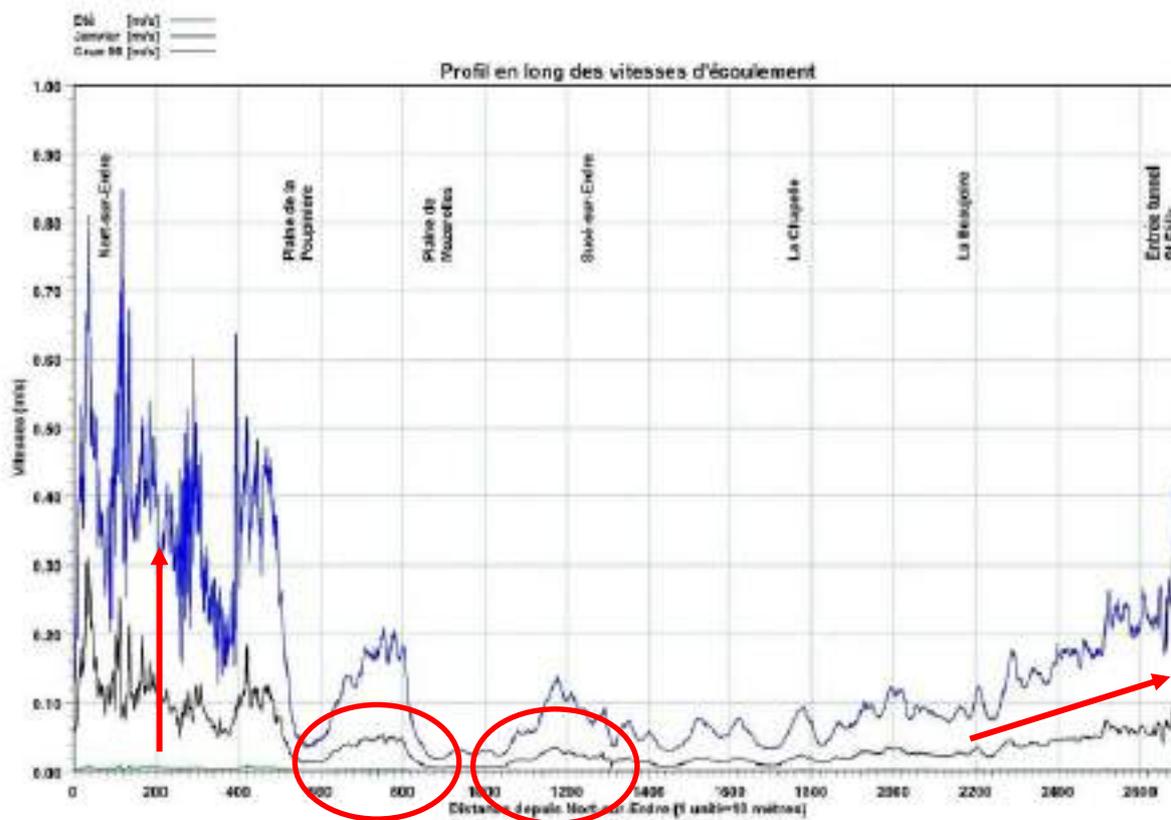


Figure 54 : Modalité des vitesses d'écoulement de l'Erdre (DHI, 2004)

Le profil en long des vitesses d'écoulement obtenu démontre qu'en moyenne ces vitesses d'écoulement sont souvent très faibles sur l'ensemble de la rivière que ce soit en période estivale ou hivernale.

En été, ces vitesses sont quasiment nulles, avec une moyenne de 6 mm/s, tandis qu'en hiver, elles sont de 1,5 cm/s ! Lors de crue d'une période de retour de 20 ans (débit maximal de 66,9 m³/s), les vitesses ne dépassent pas le mètre par seconde.

Les valeurs maximales sont très localisées, au niveau des zones de rétrécissement de la rivière, et notamment juste à l'aval de Nort-sur-Erdre (30 cm/s en janvier). Des vitesses importantes observées entre la Tortière et l'entrée du canal St Félix (atteignant 10 cm/s en janvier). Des légères hausses des écoulements en hiver sont perceptibles entre la Plaine de la Poupinière et de Mazerolles, ainsi qu'à Sucé-sur-Erdre (sortie de la plaine de Mazerolles). Les minima se trouvent sur les zones d'élargissement de la rivière, plaines de Mazerolles et de la Poupinière 5 (DHI, 2004).

Sachant que la vitesse critique d'érosion des vases les plus légères de l'Erdre a été estimée à 20 cm/s, les courants hivernaux qui dépassent 10 cm/s à certains secteurs rétrécis peuvent apporter une remise en suspension locale des sédiments. En revanche, ces secteurs peu nombreux, ne garantissent pas une remise en suspension à l'échelle d'un tronçon étendu de l'Erdre (DHI, 2004).

La vitesse d'écoulement dans la rivière est un paramètre qui influe sur le taux d'envasement des fonds.

III.2. Modalités d'envasement

III.2.1. Bathymétrie du tronçon navigable de l'Erdre : Profondeurs

Un relevé bathymétrique a été réalisé en **2008** par le bureau d'études Fauquemberg Lemaire sur le tronçon navigable de l'Erdre, pour le compte du Département 44. Un nouveau relevé bathymétrique a été réalisé en **2017** sur le même secteur par le bureau d'études ACRI-HE.

L'évolution de la bathymétrie entre ces deux campagnes de mesures est faible sur 10 ans. La différence de profondeur (même faible) sur une même zone entre ces deux années, peut s'expliquer par un éventuel biais de la précision de la mesure. La densité de points de mesures réalisés et la précision même de la mesure (de l'ordre d'une dizaine de centimètres) peuvent influencer sur la précision de la mesure.

Le secteur nord du tronçon navigable de l'Erdre (Chenal), de Nort-sur-Erdre, en amont de la Poupinière, est caractérisé par une faible hauteur d'eau, avec un maximum de 1,45 m. Cette valeur correspond à la hauteur de mouillage minimum nécessaire à la navigation.

La Plaine de la Poupinière et de la Plaine de Mazerolles, caractérisées par de faibles vitesses d'écoulement, ont une faible hauteur d'eau, évoluant de 0,8 m sur les berges à 2,2 m dans le chenal (Figure 56 et Figure 57).

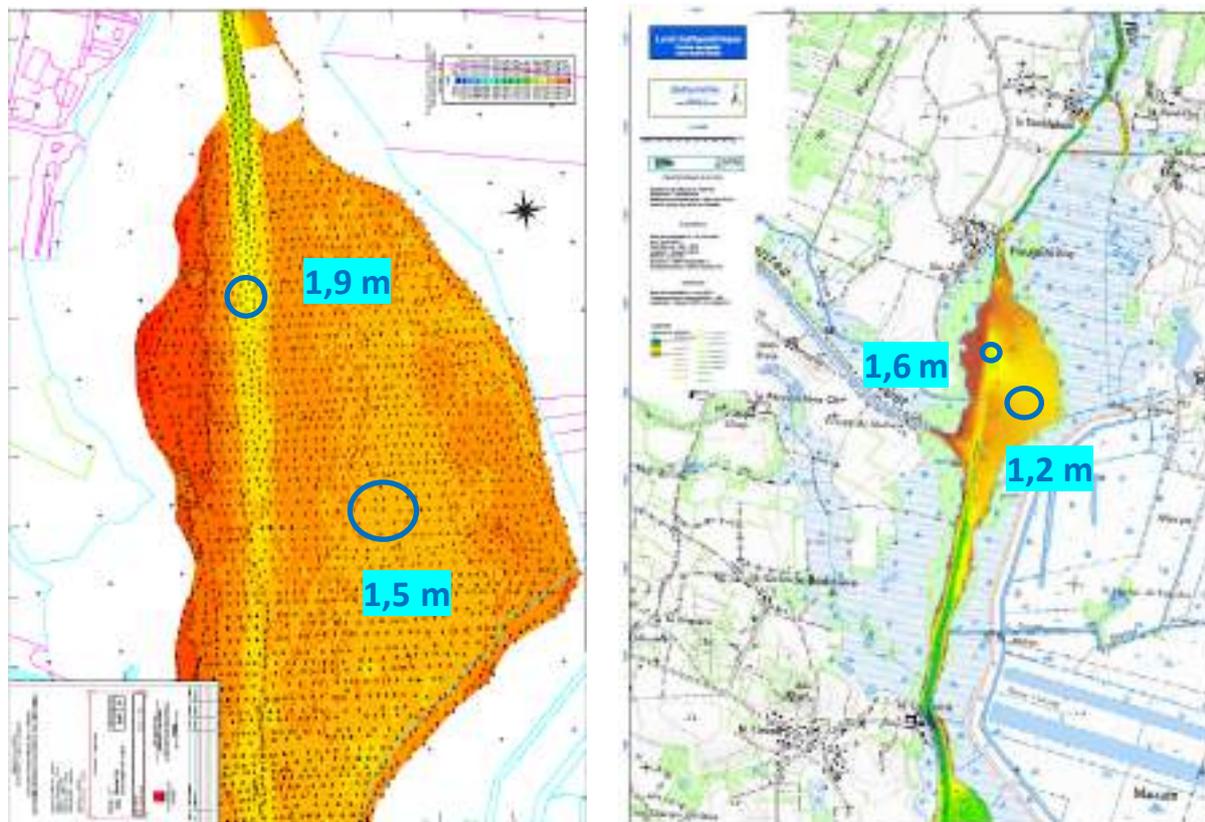


Figure 55 : Bathymétrie de la Plaine de la Poupinière en 2008 (gauche) et 2017 (droite)

Le chenal de navigation est davantage marqué sur la deuxième partie du tronçon navigable de l'Erdre où la fréquentation des activités nautiques est plus importante. Sur ce tronçon, la profondeur du chenal évolue entre 2 et 3 m.

Au niveau du pont de Sucé-sur-Erdre (4 m), de la Beaujoire, du pont de la Tortière, la bathymétrie est plus élevée. Ces zones correspondent aux secteurs de l'Erdre où l'on rencontre les vitesses les plus intenses aux cours de l'année (couloir d'écoulement).

Un différentiel de hauteur d'eau est évalué à 30 cm entre 2008 et 2017. Il serait liée à un ensablement du lit mineur de l'Erdre, étant donné que le niveau reste constant. Cet ensablement serait évalué à 3 cm/an.

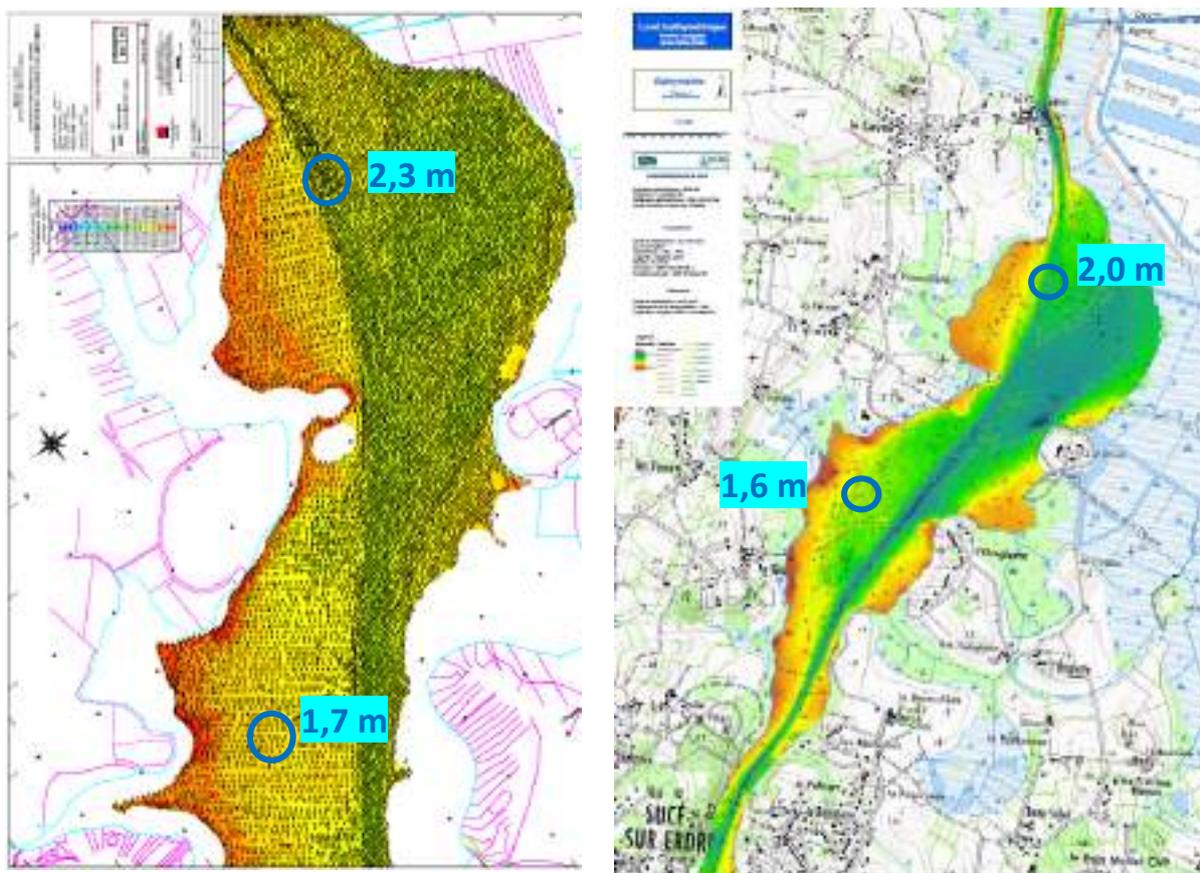


Figure 56 : Bathymétrie de la Plaine de Mazerolles en 2008 (gauche) et 2017 (droite)

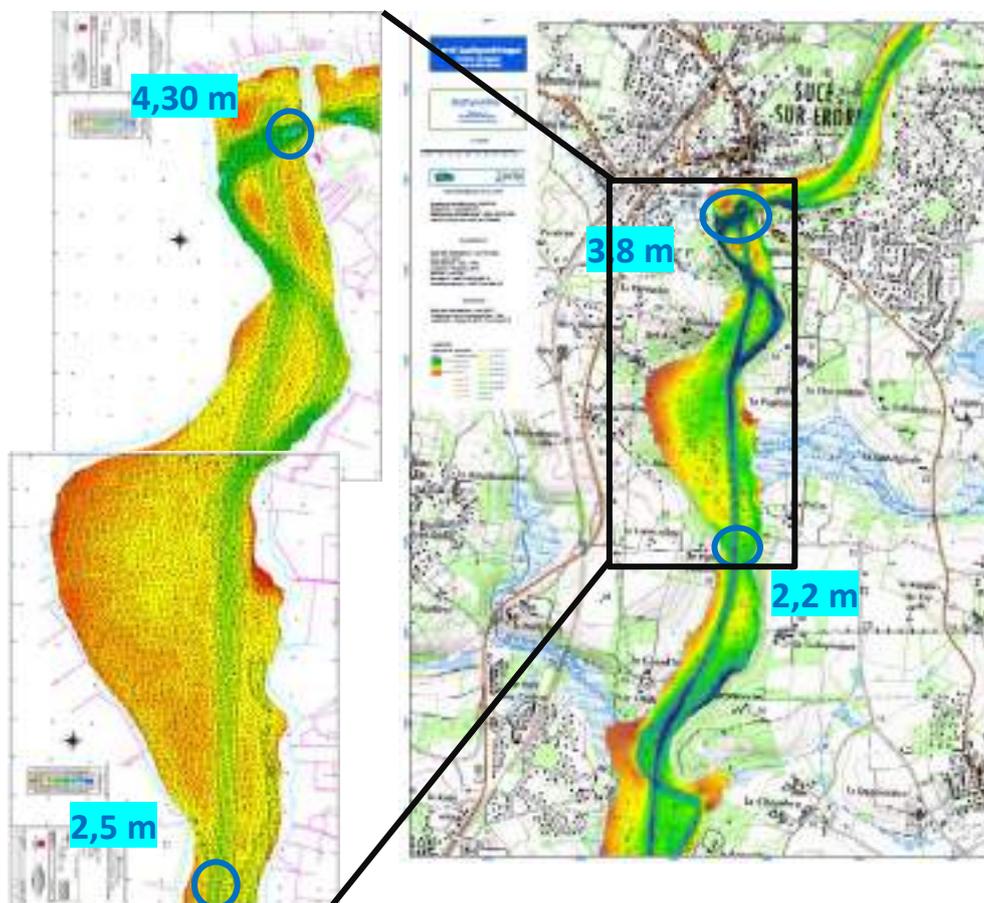


Figure 57 : Bathymétrie à Sucé-sur-Erdre en 2008 (gauche) et 2017 (droite)

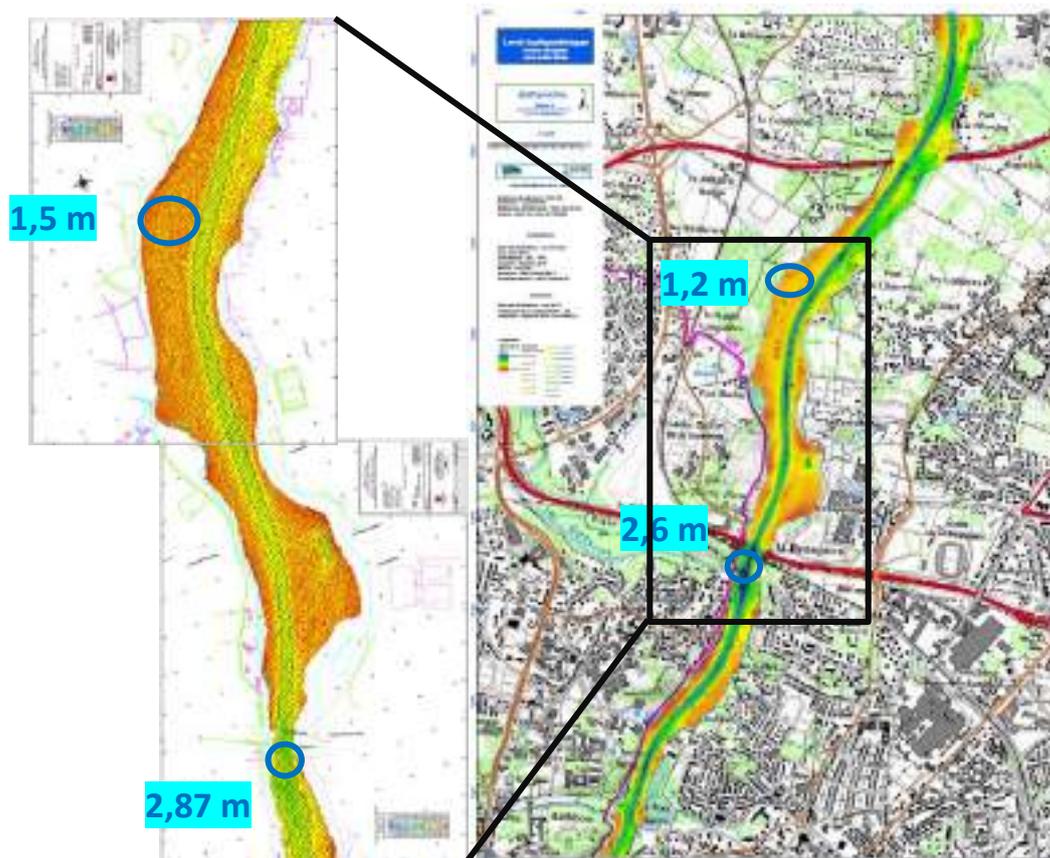


Figure 58 : Bathymétrie sur le secteur de la Beauvoire en 2008 (gauche) et en 2017 (droite)

III.2.1. Evolution de l'envasement du lit mineur

Les données bathymétriques issues des campagnes de 1994, de 2002 et 2003 du Service Maritime de Navigation (SMN) complètent l'analyse de la vitesse d'envasement entre l'écluse de Saint-Félix et Nort-sur-Erdre.

Les levés de 1994 et 2002 concernent la hauteur d'envasement du lit mineur, réalisées par transects de profils espacés de 10 à 50 mètres.

Les levés de 1994 et 2002 ont pu être comparés sur 6 sections de l'Erdre navigable par le bureau d'études SETUDE. Les résultats présentent une élévation moyenne des fonds de **8 cm** en 8 ans soit 1 cm/an, l'équivalent d'un apport d'environ 70 000 m³/an (Tableau 16).

Ce volume est 2,5 fois plus élevé que celui estimé par le bureau d'études DHI en 2004 (30 000 m³/an, soit 48 mm/an) et 3,5 fois plus élevé que celui estimé par Migniot en 1993 (20 000 m³/an).

Ces écarts de valeur sont en partie liés à la précision de la mesure.

Tableau 16: Estimation de l'envasement du lit mineur de l'Erdre par SETUDE (2003)

Secteur	Superficie (m ²)	Volume (m ³)	Hauteur (m)
1 Nort-sur-Erdre - Gâtine	104 000	3010	0,03
2 Gâtine - Mazerolles	2 554 000	221 514	0,09
3 Mazerolles – Boire de Nay	1 411 000	275 773	0,20
4 Boire de Nay – A 821	1 237 000	- 57 123	- 0,05
5 A 821 – pont de la Tortière	682 000	15 101	0,02
6 pont de la Tortière – bassin de Ceinerey	131 000	29 191	0,22
Total	6 119 000	487 466	0,08

L'élévation moyenne du chenal était de 17 cm en un an (2002 – 2003), ce qui correspond à un envasement très important. A noter que l'année 2003 étant une année d'écoulements faibles, la sédimentation aurait pu être plus importante.

La comparaison des différentiels bathymétriques des campagnes de 2003 et 2017 montre que l'évolution de l'envasement est hétérogène sur la rivière de l'Erdre, avec un gradient amont-aval positif. Ce processus envasement/érosion résulte d'un équilibre entre la vitesse d'écoulement et la bathymétrie du lit.

Il est constaté des zones de dépôts où les vitesses d'écoulement sont les plus basses et la profondeur plus faible. Les secteurs concernés par ces processus d'engraissement de sédiments concernent majoritairement aux tronçons de Nort-sur-Erdre à Sucé-sur-Erdre (Tableau 17 et Figure 60). Ce secteur est moins impacté par le passage des bateaux qui peuvent provoquer des remises en suspension des vases.

Tableau 17: Evolution de la dynamique sédimentaire dans le lit mineur et le chenal de navigation entre 2003 – 2018 et hauteur d'envasement en 2008 (Fauquembergue Lemaire et SETUDE)

Secteur	Lit mineur	Chenal de navigation	
	Erosion – dépôt (m)	Envasement (m) 2008	Erosion – dépôt (m)
Plaine de la Poupinière	-0,4 à 0,2 m	0 à 0,72 m	-0,3 à 0,4 m
Plaine de Mazerolles	-0,4 à 0,4 m	0,12 à 0,47 m	-0,2 à 0,1 m
Entre la Guillonnière et au Pont de Sucé-sur-Erdre	0 à 0,4 m	0 à 0,4 m	-0,1 à 0,2 m

Les plans d'eau de la Poupinière et de Mazerolles sont des secteurs propices au phénomène d'envasement. Mais les zones d'engraissement sont éparées puisque ces plans d'eau

présentent également des zones d'érosion sédimentaire où la bathymétrie est encore plus faible (zone d'élargissement). D'après DHI (2004), l'évolution sédimentaire rapide sur ces secteurs est influencée par d'autres paramètres hormis la vitesse d'écoulement. La remise en suspension par le vent est assez facile dans les grands plans d'eau de la Poupinière et de Mazerolles où les profondeurs sont faibles et les fetchs importants. Sous l'influence des vents, les vases déposées près des rivages dans les zones de faible profondeur sont remises en suspension. Au-delà de l'action du vent qui peut agir pendant plusieurs jours par an, l'agitation temporaire liée au batillage dû aux passages des bateaux peut être responsable de la remise en suspension des vases.

Les zones de rétrécissement bénéficiant d'une bathymétrie et d'une vitesse de courant légèrement élevées connaissent également un processus d'envasement plus étendu dans le lit mineur. C'est notamment le cas sur le tronçon de Nort-sur-Erdre et La Gâtine, ainsi qu'entre la Guillonnière et Sucé-sur-Erdre. La proportion de zone d'érosion est faible sur ces secteurs. La vitesse d'écoulement n'explique pas toujours l'évolution sédimentaire.

A contrario, les zones où le lit mineur (y compris le chenal de navigation) rencontre les vitesses les plus intenses aux cours de l'année et une profondeur plus importante, sont confrontées au processus d'érosion. Ces zones situées de Sucé-sur-Erdre (Boire de Nay) jusqu'au tunnel Saint Félix, présentent des passages dans le chenal de navigation de l'Erdre plus étroits et des traversées de bateaux plus fréquentes (Figure 61 et Tableau 18).

Tableau 18: Evolution de la dynamique sédimentaire dans le lit mineur et le chenal de navigation entre 2003 – 2018 et hauteur d'envasement en 2008 (Fauquembergue Lemaire et SETUDE)

Secteur	Lit mineur		Chenal de navigation	
	Erosion – dépôt (m)	Envasement (m) 2008	Erosion – dépôt (m)	
Entre La Chapelle-sur-Erdre et le Pont de la Beaujoire	- 0,1 à 0,3 m	0,03 à 0,3 m	- 0,2 à 0 m	

Un courant de surface rapide a un angle d'attaque vers la berge concave (extérieur), tandis qu'un courant de fond circule tangentiellement à la berge convexe (interne). Le courant de fond étant plus lent entraîne la sédimentation, alors que le courant de surface plus rapide engendre l'érosion des berges. Or, le tracé du chenal préférentiellement situé en rive convexe de la rivière de l'Erdre, influence sur le déplacement naturel des sédiments. Les zones d'érosion se situent en rive convexe tandis que la sédimentation est observée en rive concave (cas de figure en amont du pont de Sucé-sur-Erdre).

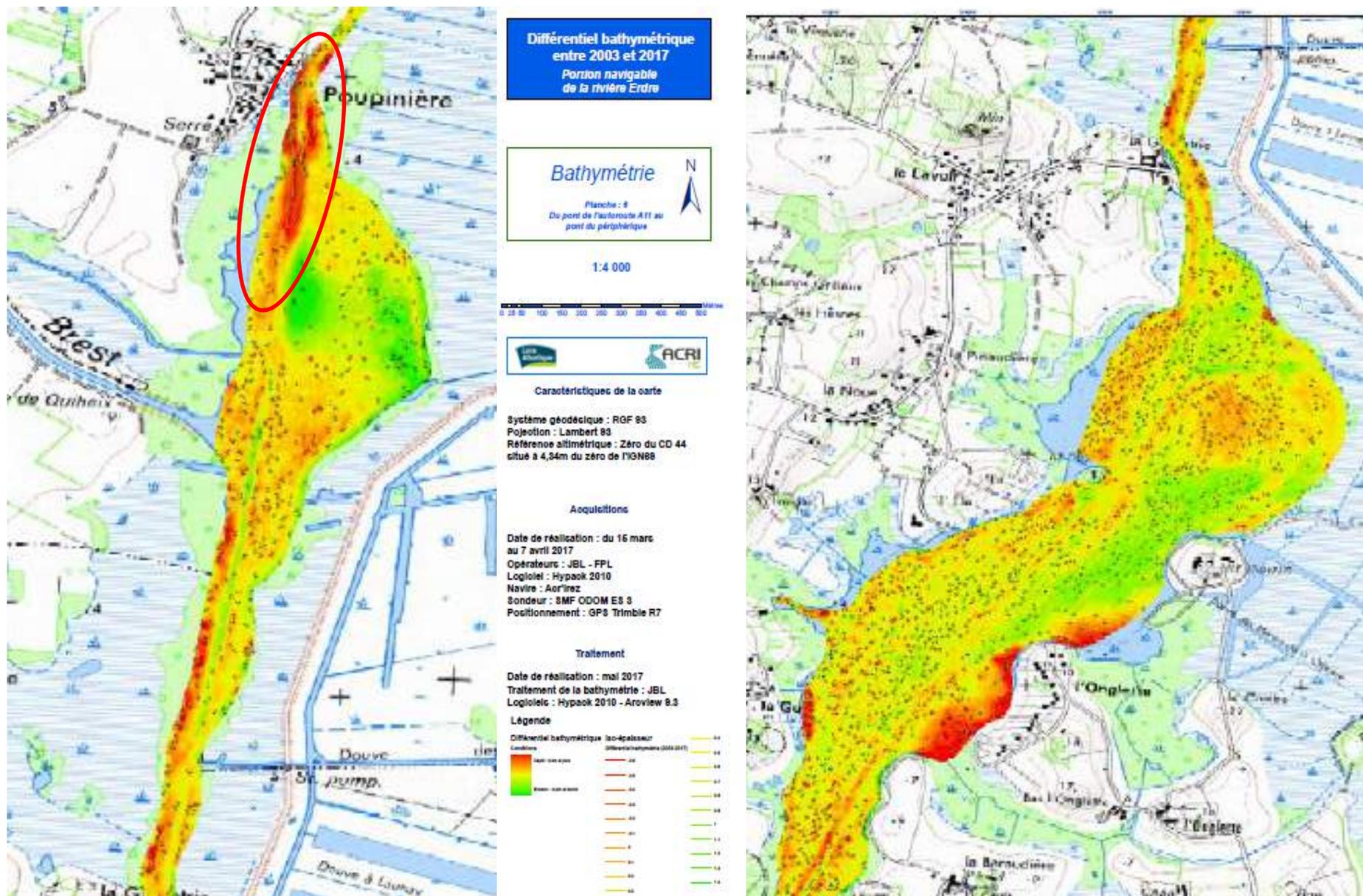


Figure 59: Différentiel bathymétrique entre 2003 et 2017 sur la Plaine de la Poupinière (droite) et de la Plaine de Mazerolles (droite) (ACRI-HE)

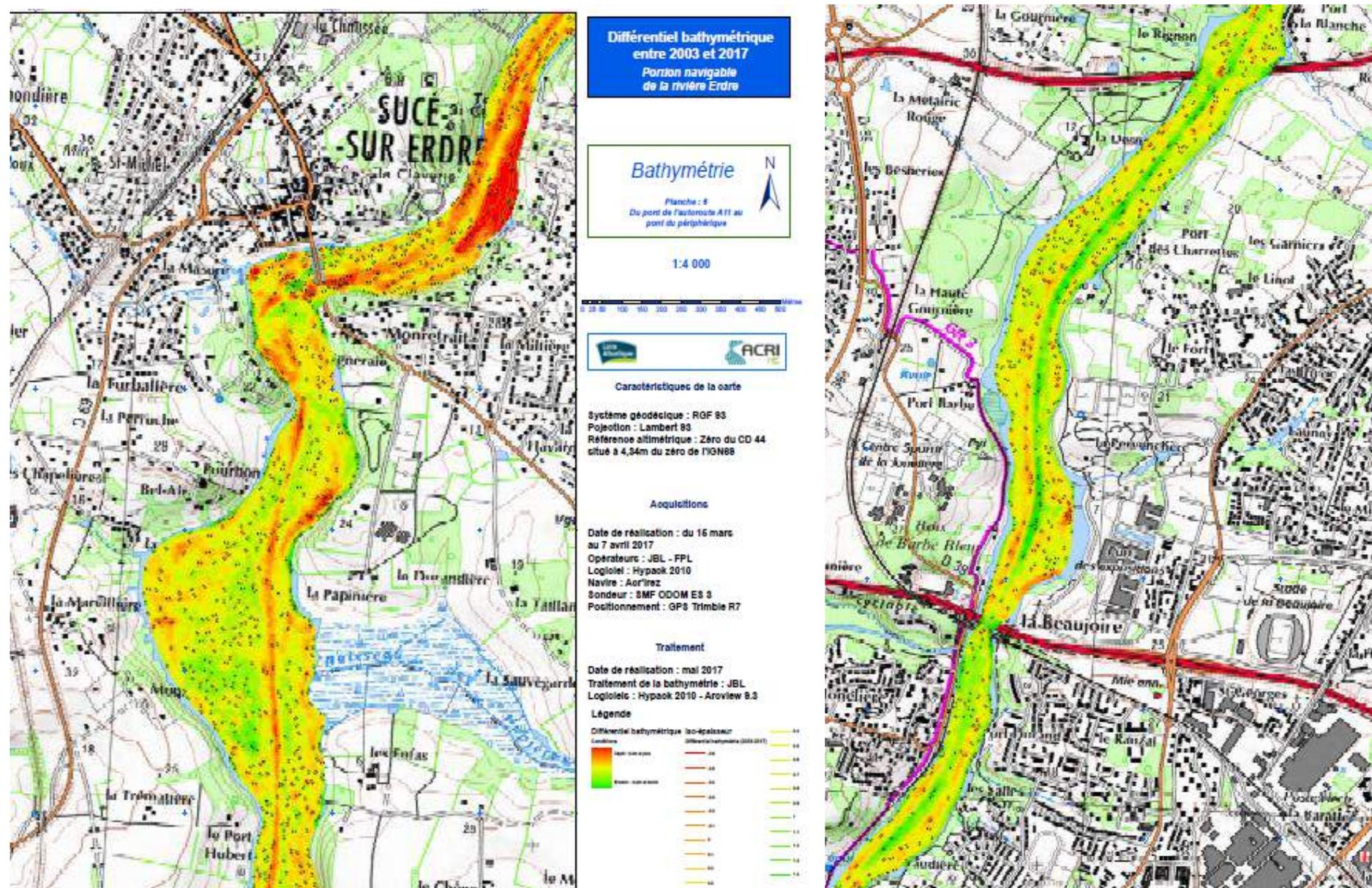


Figure 60: Différentiel bathymétrique entre 2003 et 2017 à Sucé-sur-Erdre (droite) et à La Beauvoire (gauche) (ACRI-HE)

III.2.2. Temps de séjour

Le temps de séjour définit le temps nécessaire pour que 99% de la masse totale d'un polluant contenue initialement dans un tronçon soit éliminée par les processus physiques de transport (concentration initiale dans le tronçon étant homogène).

Des temps de séjour ont été estimés sur la base d'un débit moyen estival, d'un débit moyen annuel et d'un débit moyen sur le mois de janvier (DHI, 2003) (Tableau 19).

Tableau 19 : Temps de séjour de l'eau par secteur de l'Erdre (DHI, 2004)

<i>N° de tronçon</i>	<i>Temps de séjour (jours)</i>		
	Moyenne estivale (Q=0,2 m³/s)	Moyenne annuelle (Q=2,8 m³/s)	Moyenne mois de Janvier (Q=7 m³/s)
Nort-sur-Erdre – Noé Guy	12,3	0,9	0,3
Noé Guy - Poupinière	15,7	1,1	0,4
Poupinière amont – aval	53,2	3,8	1,5
Poupinière aval - Mazerolles	25,4	1,8	0,7
Mazerolles partie amont	178,5	12,8	5,1
Mazerolles partie aval	168,7	12	4,8
Mazerolles - Pont Sucé/Erdre	49,6	3,5	1,4
Pont Sucé/Erdre – Port Hubert	193,2	13,8	5,5
Port Hubert – Boire de Nay	63,3	4,5	1,8
Boire de Nay – La Gascherie	123,2	8,8	3,5
La Gascherie – Pont A821	102,1	7,3	2,9
Pont A821 – La Jonelière	67,2	4,8	1,9
La Jonelière – Port Boyer	26,9	1,9	0,8
Port Boyer – Pont de la Tortière	25,3	1,8	0,7
Pont de la Tortière – St Félix	29,1	2,1	0,8
Moyenne	76	5	2

Les temps de séjours les plus importants se situent dans les zones d'élargissement de la rivière : entre Sucé et le pont de l'A821, au niveau de la Plaine de Mazerolles et de la Pouinière, avec un taux de renouvellement des eaux quasiment nul en été.

Les zones de plus faibles temps de séjour sont rencontrées dans les zones de rétrécissement de la rivière : entre Nort sur Erdre et la Pouinière, entre la Pouinière et la Gamotrie. Toutefois, ces secteurs présentent des temps de séjour importants par rapport à une rivière classique (supérieurs à 15 jours).

L'Erdre présente donc une hétérogénéité des temps de séjour, liée aux conditions hydrodynamiques variables par tronçon. Le développement phytoplanctonique est à corrélérer avec ces temps de séjour. Les caractéristiques hydrauliques par tronçon sur l'Erdre induit donc la présence de microsystèmes.

IV. Expertise sédimentologique

IV.1. Nature des fonds

Les vases de l'Erdre sont riches en matières organiques, soit de 50%, de densité faible (100 à 200 g/l) et assez homogènes sur une cinquantaine de cm.

Selon les analyses granulométriques réalisées sur les vases de différents marais le long de l'Erdre en 2011, la part en argile est en moyenne de 700 g/kg de matière sèche (64%). Les vases contiennent respectivement 260 g (25%) et 53 g (5%) de limons fins et grossiers par kg de matière sèche. Concernant les sables fins, les sables fins et grossiers sont à une teneur respective de 20 (2%) et 37 (4%) g/kg matière sèche de vase. La part en limon et argile assurent la bonne cohésion de l'ensemble des particules.

Les vitesses critiques d'érosion qui dépendent de la densité des vases, peuvent varier entre 20cm/s à 50 cm/s.

IV.2. Qualité des sédiments

En 2019, 4 stations d'échantillonnage du sédiment ont été sélectionnées entre Nord sur Erdre et Nantes était d'apporter une information complémentaire aux études sédimentaires sur l'enrichissement en phosphore du sédiment, de l'amont à l'aval de la Plaine de Mazerolle.

La station Erdre 1 se situe à l'aval du centre ville de Nord sur Erdre, dans un secteur ralenti pour échantillonner des sédiments fins, en amont des plaines de Poupinière et Mazerolles

La station Erdre 2 a été fixée au niveau de l'île de Mazerolles, dans un secteur relativement sableux.

La station Erdre 3 est en place à Sucé sur Erdre au niveau du port de plaisance.

Le sédiment est fin et les accumulations sont élevées.

La station Erdre 4 est représentative de l'Erdre aval, à Nantes, en aval du pont SNCF.

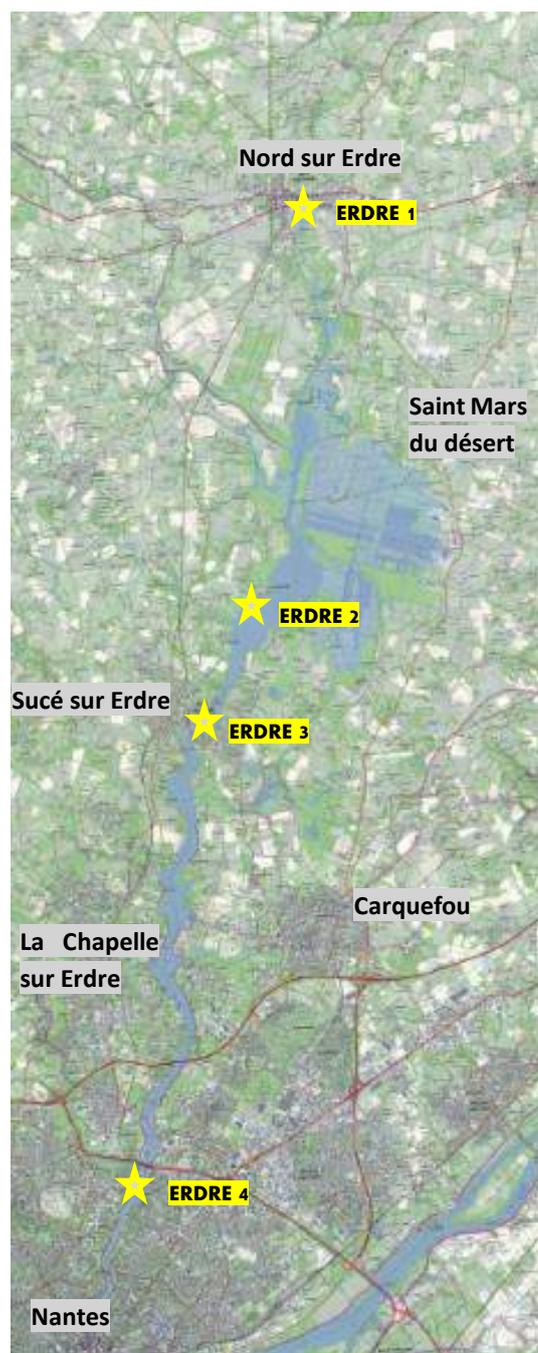


Figure 61: Localisation des 4 stations « Sédiment » de 2019

Trois caractéristiques analytiques ont été réalisées pour apporter cette vision qualitative du sédiment en place, à savoir, la concentration en ortho-phosphates lors d'une remise en eau, l'EPCo (concentration d'équilibre entre la colonne d'eau et le sédiment) et la teneur en phosphore total dans le sédiment.

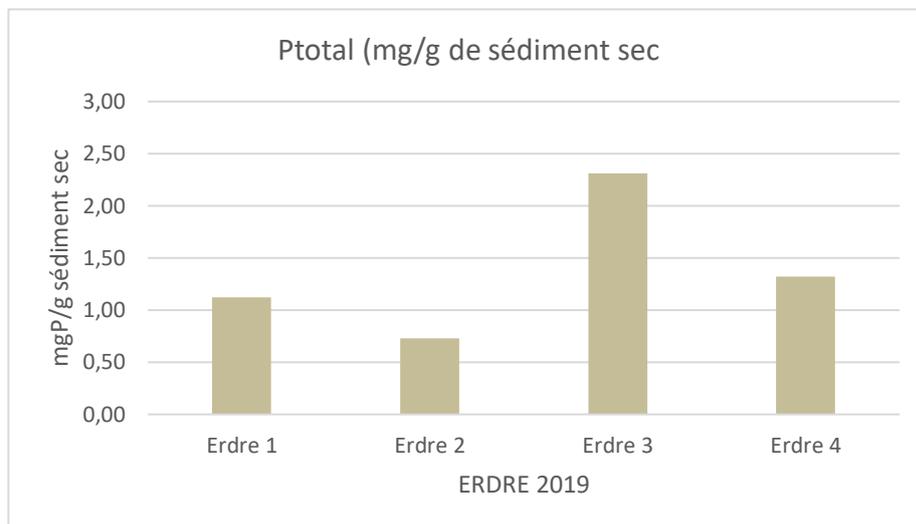


Figure 62: Teneur en phosphore dans le sédiment (mg/g)

Les sédiments sont peu à moyennement chargés en phosphore. L'hétérogénéité est principalement due à la différence de granulométrie.

C'est au niveau de Sucé sur Erdre que le sédiment est le plus enrichi avec 2,3mg/g, nettement supérieur aux teneurs des sols des versants de l'Erdre. Il y a eu accumulation de phosphore.

Si ce phosphore était piégé dans le sédiment, il n'y aurait plus de problématique. Or, sous différentes conditions physico-chimiques, une partie de ce phosphore est remobilisable dans la colonne d'eau.

Les capacités de stockage et de relargage du sédiment sont variables selon la composition minéralogique du sédiment.

Les mesures complémentaires ci-dessous apportent une précision sur les capacités d'interaction du sédiment avec la colonne d'eau.

Le sédiment le plus fin, le plus chargé en Erdre 3 est celui qui peut aussi relarguer un pic significatif d'ortho-phosphates lors d'une remise en eau (jusqu'à 96 µgP/L).

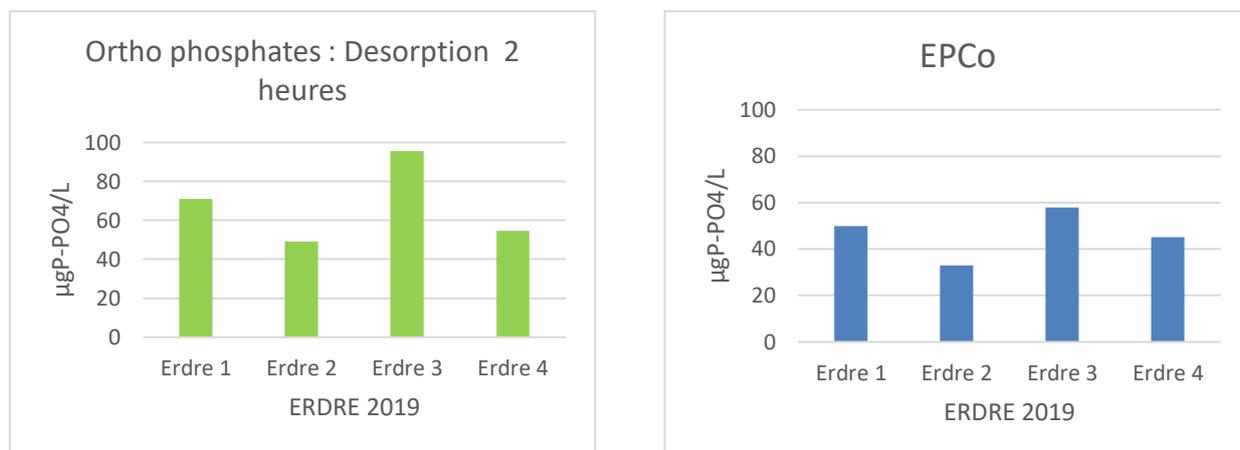


Figure 63: Désorption lors d'une remise en eau / EPCo 2heures dans CaCl₂ (µgP/L)

Le sédiment fin prélevé à Nord sur Erdre peut également participer à l'enrichissement de la colonne d'eau, en amont de la zone lenticque des plaines.

L'EPCo (Concentration d'équilibre dynamique entre la colonne d'eau et le sédiment) est comprise entre 33 et 58 µgP/L pour une solution de CaCl₂ 5.10⁻⁴M).

C'est-à-dire qu'il existe un facteur 2 entre la station Erdre 2 et la station Erdre 3, en partie à cause de la granulométrie plus grossière (sableuse) en Erdre 2.

Erdre 2 (île de Mazerolles) et Erdre 4 (Nantes) ont des sédiments qui ont une capacité de relargage proche, entre 45 et 50 µg/L. Dans des conditions de laboratoire ces sédiments sont donc capables d'apporter suffisamment de molécules de phosphore (sous la forme PO₄) vers la colonne d'eau, si cette concentration diminue.

Les sédiments présents dans l'hydrosystème peuvent donc en effet participer à l'alimentation d'un bloom dans les eaux de l'Erdre.

ETAPE 3 : Synthèse et valorisation des données de la qualité de l'eau existantes

I. Description du réseau de mesures de la qualité des eaux

La qualité de l'eau superficielle sur le bassin versant de l'Erdre est mesurée par un dense réseau de points de mesures. Il existe six catégories de réseaux de suivi qui ont une disponibilité de la donnée permettant d'étudier l'évolution de la qualité physico-chimique de l'eau superficielle.

Ces informations sont disponibles dans la banque de données OSUR (AELB) (Tableau 20). Les stations retenues et référencées dans le tableau ci-dessous, possèdent des chronologies utiles sur les concentrations en phosphore total, en ortho-phosphates, en nitrates et ammonium sur la période 2005 - 2017.

Les stations des réseaux de suivi gérés par l'Agence de l'eau Loire-Bretagne sont au nombre de 12 dont :

- 4 par le Réseau de Contrôle de Surveillance (RCS) sur la période 2005 – 2017 avec un prélèvement par mois.
- 3 par le Réseau de Contrôle Opérationnel (RCO) sur la période 2005 – 2017 avec un prélèvement tous les 2 mois.
- 5 par le Réseau Complémentaire Agence (RCA) sur la période 2005 – 2017 avec un prélèvement tous les 2 mois (Figure 38).

L'Edenn échantillonne également 4 stations de mesures (même période 2005 – 2017 avec une fréquence de prélèvement variable).

Une seule station issue du réseau complémentaire départemental est référencée dans la banque OSUR (AELB). La chronologie utilisable permet également de décrire la qualité de l'eau de 2005 à 2017 avec une fréquence mensuelle (Figure 64).

Tableau 20 : Référencement des stations de suivis disposant des données qualitatives de l'Erdre (source OSUR)

Station Ref OSUR	Réseau	Cours d'eau	Localisation globale	Date 1er Prelevement	Dernier Prelevement	Période disponible	Fréquence des mesures
4146418	RCS	ruisseau du jeanneau	RAU DE LA VALLEE ou JEANNEAU à RIAILLE	11/05/2005	11/12/2017	2005 - 2017	1 fois / mois
4146500	RCS	rivière l'erdre	ERDRE à NORT-SUR-ERDRE	20/10/1987	11/12/2017	2005 - 2017	1 fois / mois
4146600	RCS	canal de nantes à brest	CANAL DE NANTES A BREST à NORT-SUR-ERDRE	31/05/1994	11/12/2017	2007 - 2017	1 fois / mois
4146840	RCS	ruisseau de gesvres	RAU DE GESVRES à CHAPELLE-SUR-ERDRE (LA)	24/03/2000	19/12/2017	2005 - 2017	1 fois / 1 ou 2 mois
4146825	RCO	ruisseau de gesvres	RAU DE GESVRES à VIGNEUX-DE-BRETAGNE	08/07/2008	13/12/2017	2010 - 2017	1 fois / 2 mois
4146920	RCO	ruisseau le cens	CENS à ORVAULT	23/08/1991	13/12/2017	2005, 2006, 2017	
4146950	RCO	ruisseau le cens	CENS à NANTES	24/05/1994	16/12/2016	2005 - 2016	1 fois / 2 mois
4146400	RCA	rivière l'erdre	ERDRE à BONNOEUVRE	06/03/1989	12/12/2006	2005 - 2006	1 fois / mois
4146650	RCA	canal de nantes à brest	CANAL DE NANTES A BREST à NORT-SUR-ERDRE	31/05/1994	11/12/2017	2005 - 2017	1 fois / 2 mois
4146655	RCA	ruisseau de saint-médard	RAU DE LA DECHAUSSERIE OU SAINT-MEDARD à ST-MARS-DU-DESERT	01/07/2008	16/12/2016	2010 - 2016	1 fois / 2 mois
4146690	RCA	boire de nay	BOIRE DE NAY OU RAU DE L'HOCMARD à LA CHAPELLE-SUR-ERDRE	24/05/1994	11/12/2017	2007 - 20017	1 fois / 2 mois
4146750	RCA	ruisseau de charbonneau	RAU DE L'ETANG HERVE A CARQUEFOU	10/07/2008	19/12/2017	2007 - 2017	1 fois / 2 mois
4146670	EDENN	rivière l'erdre	ERDRE à SUCE-SUR-ERDRE	24/05/1994	19/12/2017	2005 - 2017	1 fois / 2 mois
4147200	EDENN	rivière l'erdre	ERDRE à CARQUEFOU	24/05/1994	11/12/2017	2005 - 2017	1 fois / 2 mois
4663014	EDENN	rivière l'erdre	ERDRE à NORT-SUR-ERDRE	17/01/2011	06/01/2017	2011 - 2016	1 fois / mois
4663015	EDENN	rivière l'erdre	ERDRE à CARQUEFOU	25/03/2011	08/11/2016	2011 - 2016	1 fois / mois
4146350	Réseau complémentaire départemental	rivière l'erdre	ERDRE à CANDE	03/07/1995	04/12/2017	2005 - 2017	1 fois / mois
4663018	Réseau national de bassin de suivi	ruisseau des grandes fontaines	FONTAINES A VALLONS-DE-L'ERDRE	27/06/2017	27/12/2017	2017	

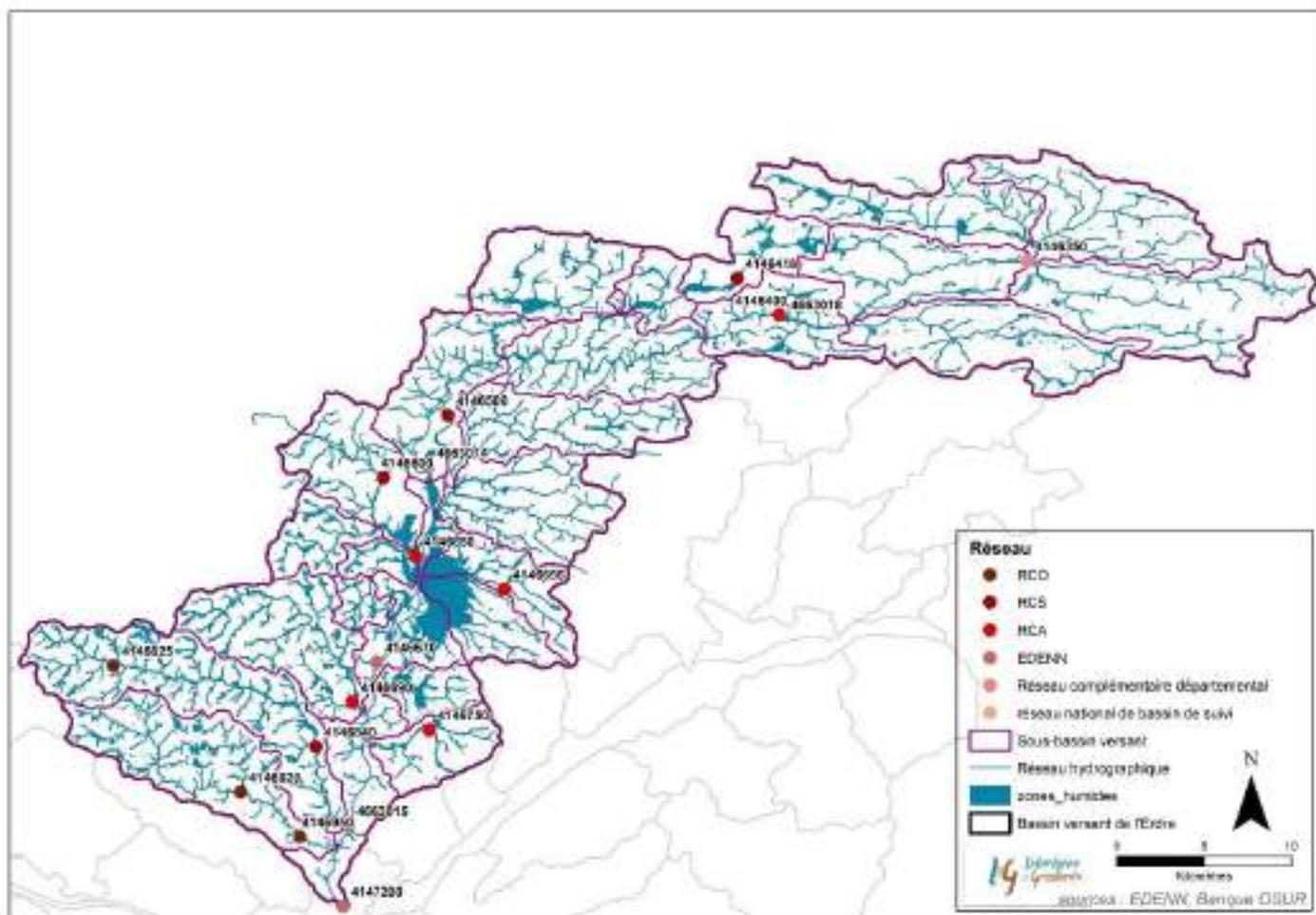


Figure 64 : Les différents réseaux de mesure sur le bassin versant de l'Erdre (Banque OSUR)

II. Evolution de la qualité de l'Erdre

L'évolution des concentrations en phosphore total (Ptotal), en ortho-phosphates (P-PO₄) et en nitrates a été étudiée en fonction des variations hydrologiques dans les eaux de l'Erdre au niveau des 2 stations suivantes :

- la station 4146350 du réseau complémentaire départemental (de Candé sur l'Erdre)
- la station 4146500 du réseau RCS (de Nort-sur-Erdre sur l'Erdre)

Ces stations de mesures permettent de réaliser une première analyse spatiale amont - aval et temporelle des nutriments N et P.

Une troisième station de mesures de l'Erdre située à Sucé-sur-Erdre apporte de nouvelles connaissances sur les mécanismes de transfert des éléments phosphorés et nitrates responsables du bloom algal. Cette station a un suivi bi-mensuel.

II.1. Paramètre phosphore

II.1.1. Station sur l'Erdre à Candé

L'évolution de la concentration en Ptotal montre une cyclicité en fonction des conditions hydrologiques : des valeurs élevées à l'étiage et des valeurs plus faibles en crues (Figure 65).

L'augmentation des concentrations en phosphore total, lorsque les débits sont faibles, peut être corrélée à des rejets directs, c'est-à-dire un rejet en phosphore sous formes solubles.

En période de crue, les concentrations en phosphore total chutent. Les pics de débit sont suffisamment élevés pour venir diluer les apports directs au cours d'eau (STEP).

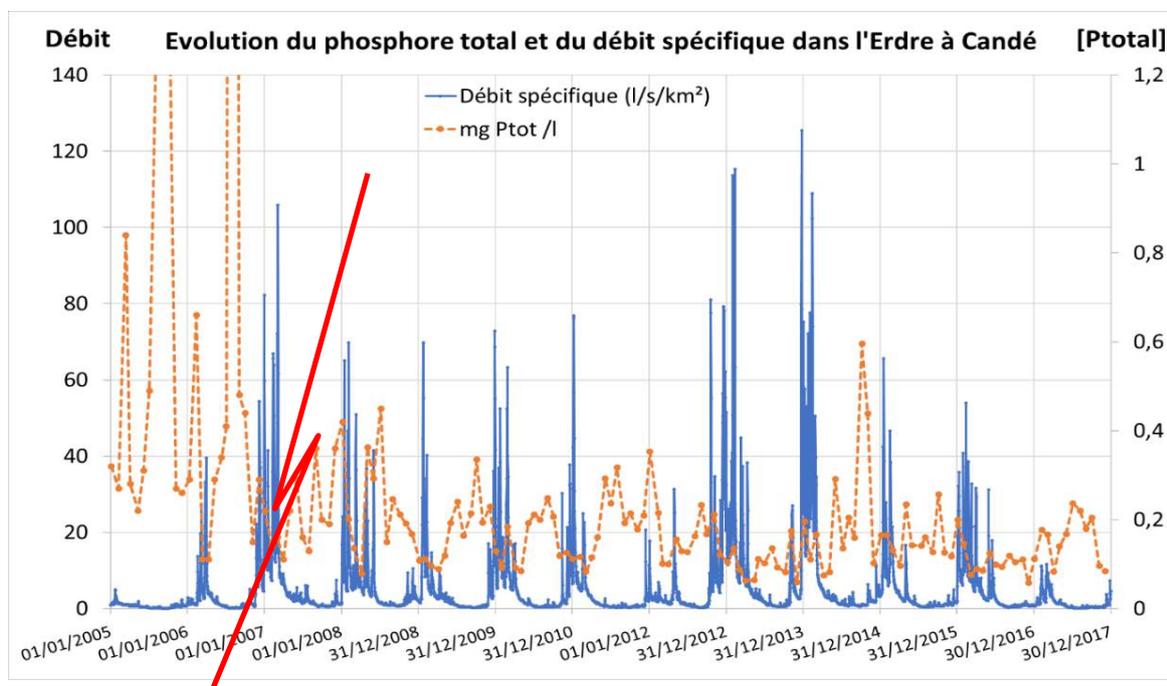


Figure 65: Comparaison de l'évolution du phosphore total avec le débit de l'Erdre à Candé

Soulignons le changement de signal Phosphore que l'on voit immédiatement fin 2006. Une chute significative des concentrations en Ptotal est observée. La mise en place d'une unité de déphosphatation explique nécessairement cette amélioration notable de la qualité des eaux de l'Erdre Amont. Cette diminution fait le lien avec la mise en fonctionnement des nouvelles stations d'épuration d'Angrie et de Candé en 2007.

Le niveau moyen de la concentration en phosphore avoisine 0,2 mg de Ptotal/l après 2006 (Figure 66). Ce niveau de concentration confirme le niveau trophique de l'Erdre, dès le passage de Candé (eutrophe).

La comparaison de l'évolution de la concentration en Ptotal avec celle des P-PO₄ confirme l'impact d'un rejet en amont de cette station d'échantillonnage.

La fraction soluble (assimilée ici au PO₄) est dominante par rapport au Phosphore particulaire sur les 4 pics de concentration maximale en Ptotal (Figure 66). Elle est donc à l'origine des valeurs extrêmes de Ptotal sur l'Erdre sur les années 2005 et 2006, telles que le pic à 8 mg de Ptot/l.

Après l'amélioration des 2 stations d'épuration amont (fin 2006), la part soluble explique toujours l'évolution du Ptotal en période d'étiage. La différence est le niveau de concentrations qui est tombé en deçà de 0,2mg/L.

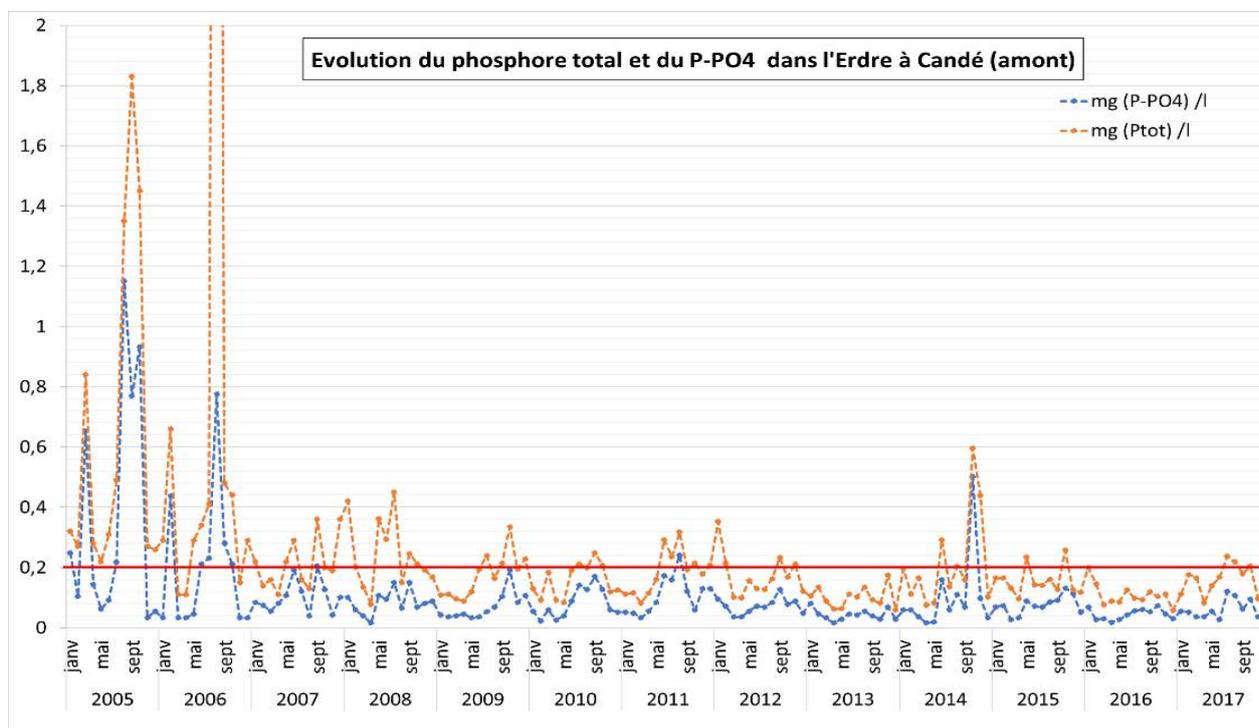


Figure 66 : Evolution comparée du phosphore total et du P-PO₄ dans l'Erdre à Candé

Malgré les apports en phosphore minéral dit particulaire en période de crue (fin 2014 par exemple), les concentrations restent modérées principalement.

Il y a une modification importante de la signature du BV amont qui continue d'évoluer vers un bassin rural. Les pics de concentrations ne sont plus observés qu'en crue, par déplacement du phosphore particulaire. Ce n'est plus la problématique rejet direct qui domine.

II.1.2. Station sur l'Erdre à Nort-sur-Erdre

Les résultats des campagnes organisées sur l'Erdre à Nort-sur-Erdre tous les mois entre 2005 et 2012, puis tous les 2 mois jusqu'à 2017, montrent que le niveau moyen de la concentration en phosphore total, plus bas qu'à Candé, stagne et ne dépasse pas 0,2 mg/l entre 2005 et 2017 (Figure 67).

La part soluble n'est pas toujours dominante, excepté sur quelques pics de concentration à des dates spécifiques qui pourraient traduire la présence d'un rejet significatif. La concentration en phosphore soluble est de l'ordre de 50 µg/l.

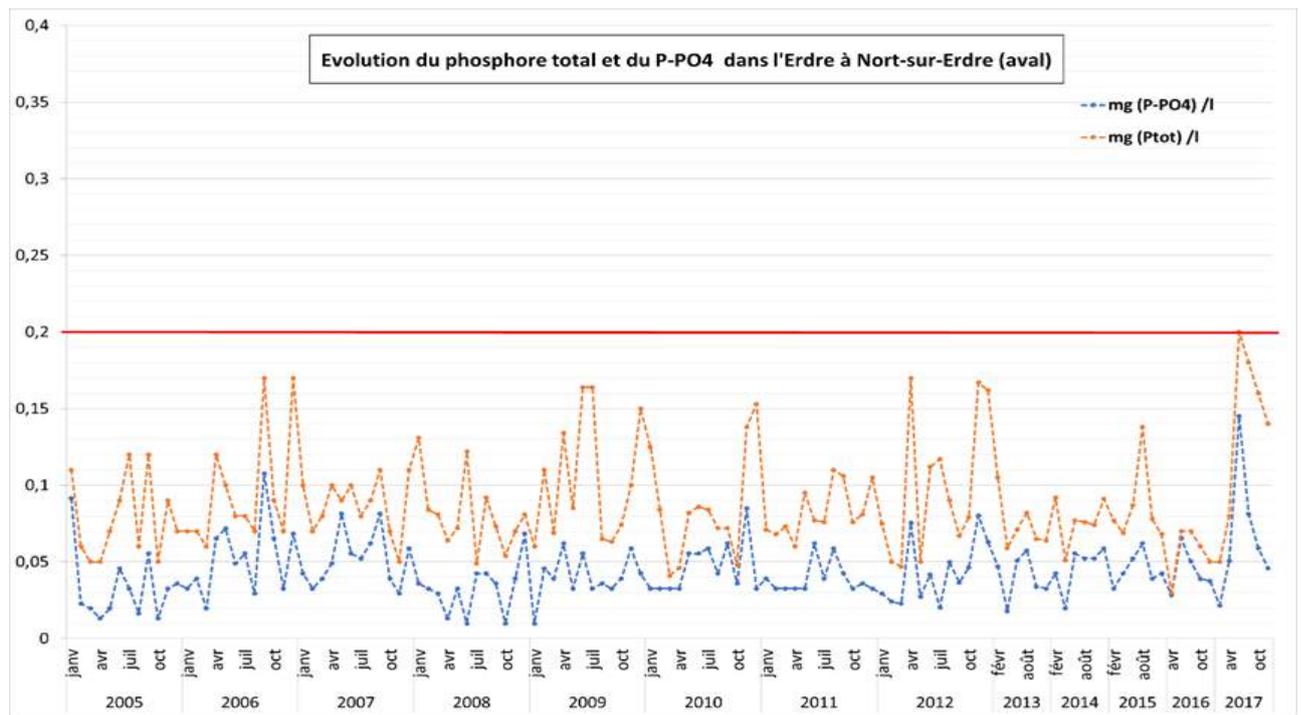


Figure 67: Evolution comparée du phosphore total et du P-PO₄ à Nort-sur-Erdre

L'évolution de la concentration en Ptotal ne montre aucune corrélation simple avec l'évolution des conditions hydrologiques : des valeurs élevées peuvent être aussi bien mesurées en période d'étiage qu'en période de crue.

Ces variations peuvent être liées à un apport amont constant des affluents ou par un relargage des algues à la suite de leur mort. En étiage, l'augmentation de la concentration en phosphore total est corrélée à celle du phosphore soluble lié aux rejets urbains.

Tandis que la concentration en P-PO₄ diminue lors d'épisodes de crue (effet dilution), celle en phosphore particulaire augmente. Cet apport de phosphore au cours d'eau est à relier à l'érosion des sols et/ou au déplacement du sédiment remis en suspension.

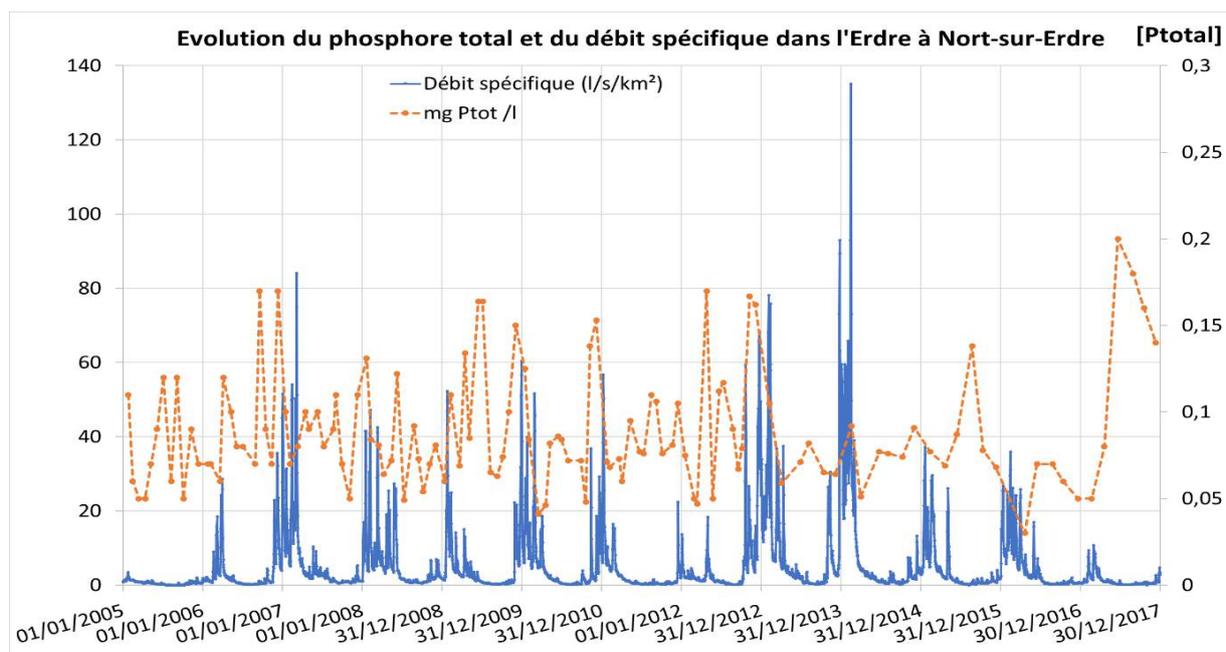


Figure 68: Comparaison de l'évolution du phosphore total avec le débit de l'Erdre à Nort-sur-Erdre

II.1.3. Station sur l'Erdre à Sucé-sur-Erdre

A défaut de pouvoir comparer les débits aux concentrations en phosphore, ces derniers sont analysés avec la concentration en MES.

Les résultats des campagnes déclenchées tous les deux mois sur l'Erdre à Sucé-sur-Erdre montrent une corrélation entre l'augmentation des concentrations en phosphore total et en MES. Les apports d'eaux marrons par ruissellement lors d'un épisode pluvieux et par déplacement des sédiments qui forment la charge interne de l'hydrosystème (Figure 69) expliquent en partie cette évolution connue.

Le suivi bi-mensuel est peu adapté à la description de la dynamique du phosphore (variation rapide) mais la figure suivante met en évidence des évolutions complémentaires, rurale et urbaine. Les pics de phosphore s'expliquent par des concentrations en Phosphore particulaire (surtout en période hivernale), mais également par une augmentation du Phosphore soluble sur certains événements en basses eaux (rejets directs ? relargage ?).

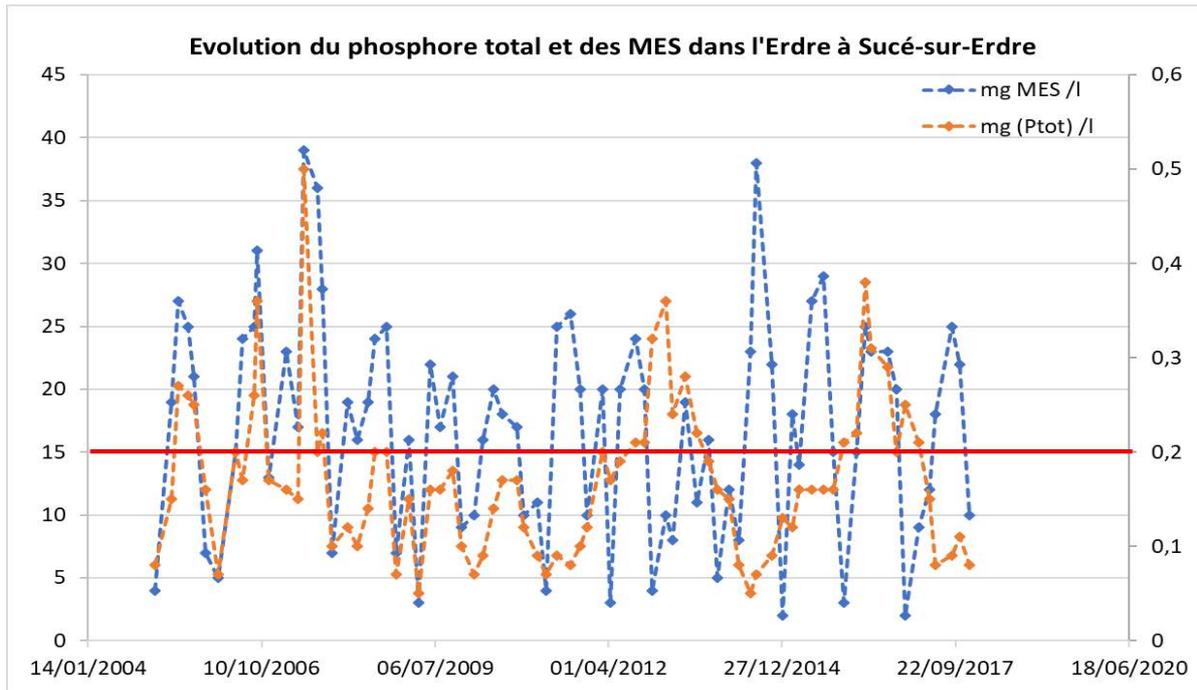


Figure 69: Evolution comparée de la concentration en phosphore total et en MES à Sucé sur Erdre

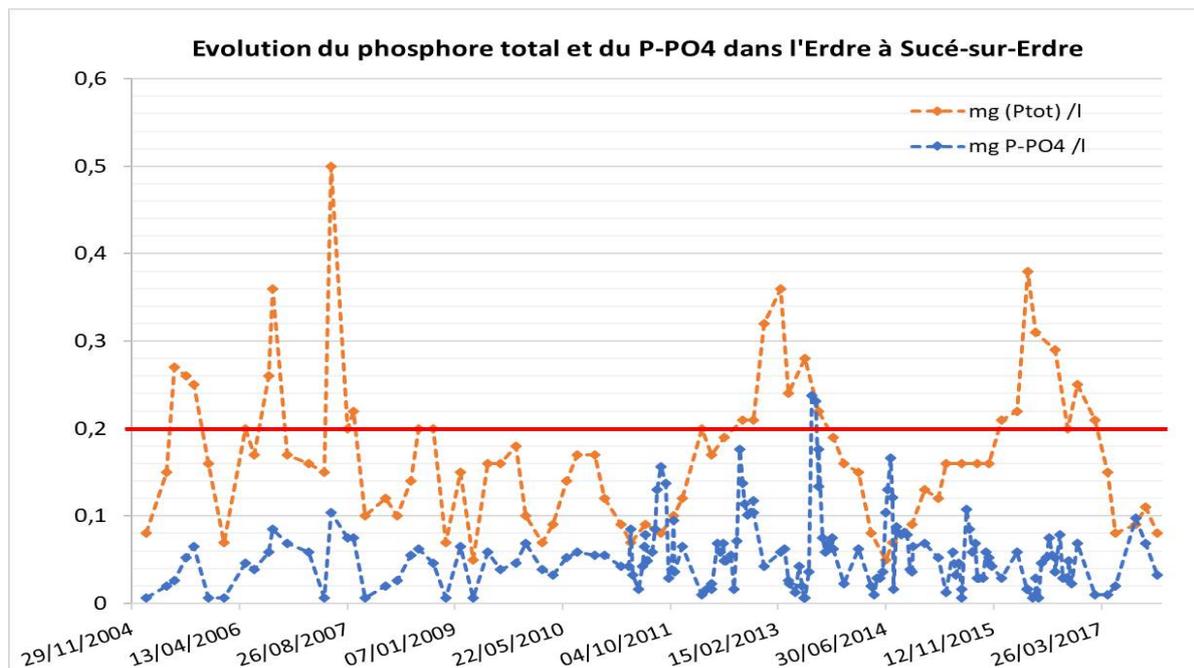


Figure 70: Evolution comparée du phosphore total et du P-PO4 à Sucé-sur-Erdre

Ces concentrations en phosphore total dépassent régulièrement (1 analyse / 2 mois) la valeur de 0,2 mg /l. Ces eaux chargées en éléments nutritifs sont caractéristiques d'un état eutrophe. Sur cette période de 12 ans (2005 à 2017) les concentrations ont peu évolué.

II.2. Paramètre nitrates

Les pics hivernaux de concentrations en nitrates sont « naturellement » corrélés à la reprise des débits. A cette période les pics de débit correspondent aux périodes de pluies efficaces où le lessivage des sols devient important. Les nitrates quittent les versants pour rejoindre le cours d'eau, via la nappe superficielle. Lors des pics de crue, le phénomène de dilution par les eaux de ruissellement de surface intervient et les concentrations dans le cours d'eau chutent brièvement.

En période estivale, soit en débit d'étiage, les concentrations en nitrates chutent. L'alimentation du cours d'eau ne se fait plus par la nappe chargée en nitrates, et le reliquat de nitrates est assimilé par les plantes aquatiques et/ou dénitrifié.

Nous attendons donc généralement une évolution sinusoïdale interannuelle pour décrire les concentrations en nitrates dans ces eaux superficielles.

II.2.1. Station sur l'Erdre à Candé

La concentration en nitrates dans l'Erdre à Candé mesurée entre 2005 et 2017 évoluent autour de 30 mg/l. Les variations saisonnières des concentrations en nitrates sont peu prononcées, puisqu'elles descendent rarement en dessous de 20 mg/l (Figure 71). Même en basses eaux, les nappes d'accompagnement assurent donc un niveau de concentration non nul.

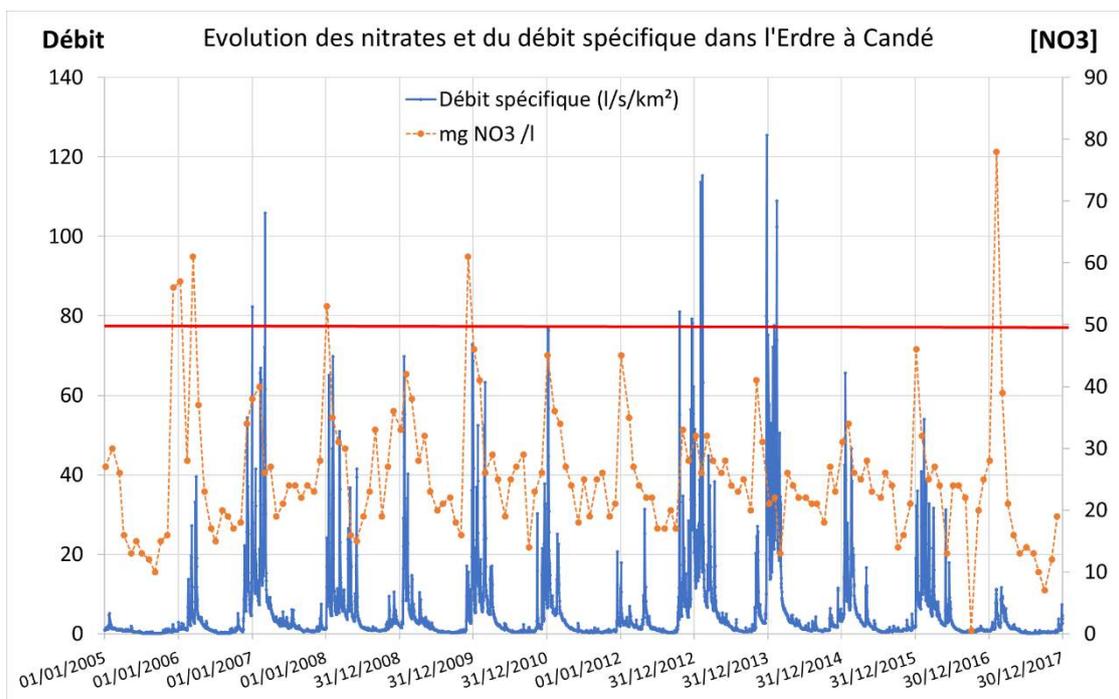


Figure 71 : Comparaison de l'évolution des nitrates avec le débit de l'Erdre à Candé

II.2.1. Station sur l'Erdre à Nort-sur-Erdre

Au niveau de Nort-sur-Erdre, les concentrations n'atteignent plus le seuil des 50 mg/l dans l'Erdre. Une tendance à la baisse des concentrations est notable depuis 2006. La cyclicité des concentrations en NO₃ est davantage marquée (évolution sinusoïdale) : des valeurs élevées en période de hautes eaux (25 mg/l en moyenne) et des plus faibles valeurs (proche de 1 mg/l) en période d'étiage (Figure 72).

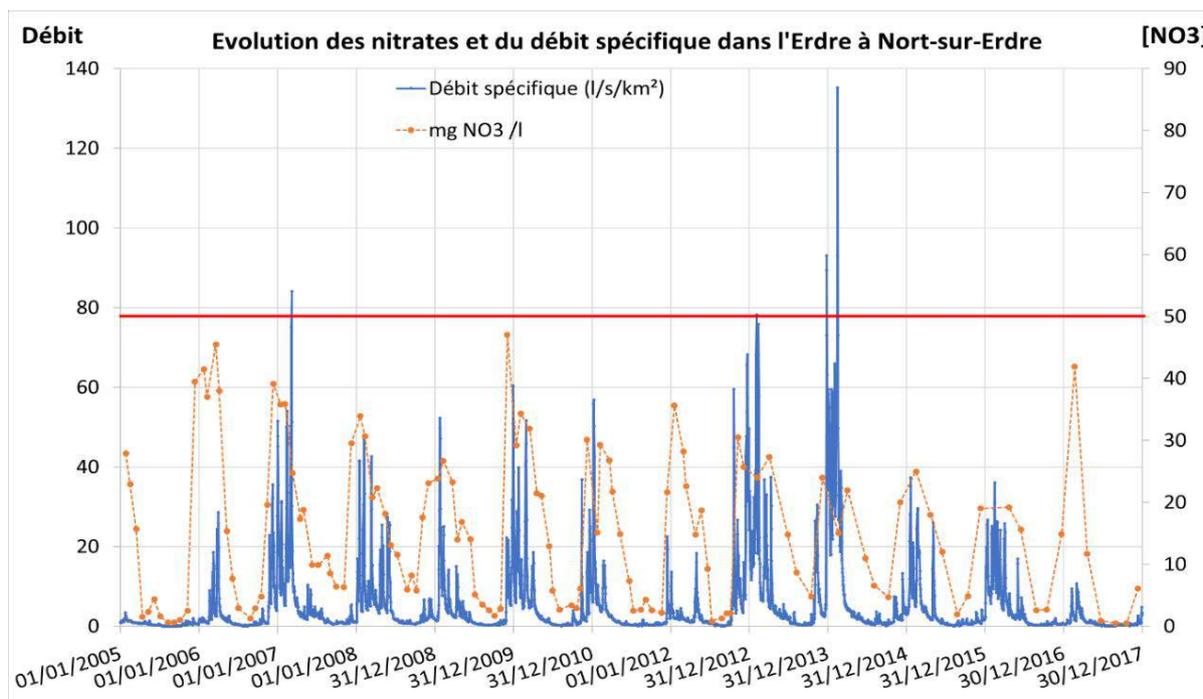


Figure 72: Comparaison de l'évolution des nitrates avec le débit de l'Erdre à Nort-sur-Erdre

II.2.2. Station sur l'Erdre à Sucé-sur-Erdre

L'évolution est ici spécifique, et typique d'un système lentique. Les concentrations en période de basses eaux sont négligeables. Il y a nécessairement consommation des nitrates dans le cours d'eau. Ce n'est pas l'eau de nappe d'alimentation qui est dépourvue de nitrates.

Les concentrations ont peu évolué sur cette période (Figure 73). La valeur maximale en 12 ans atteint les 30 mg/l en février 2009. Le suivi bimensuel ne permet pas d'assurer une chronologie représentative de l'évolution hivernale. Des pics de concentrations n'ont pu être observés sur ce pas de temps d'échantillonnage.

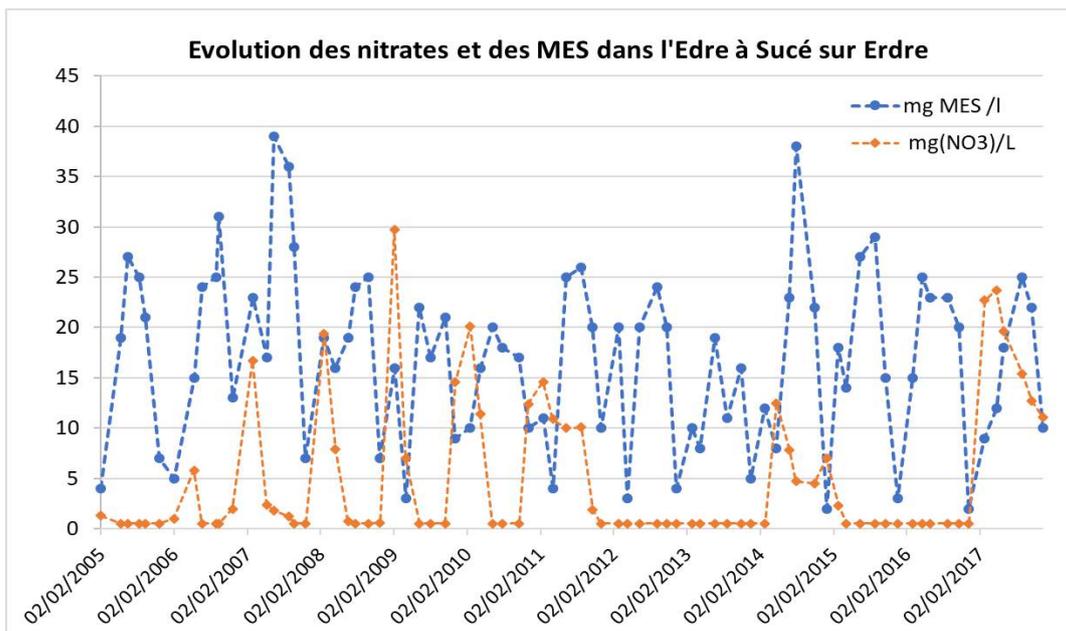


Figure 73: Evolution des nitrates et en MES dans l'Erdre à Sucé sur Erdre

La comparaison de l'évolution des concentrations en nitrates et en MES illustre le rôle du phytoplancton dans l'Erdre aval sur la dynamique de l'azote. Les concentrations en MES sont la conséquence d'une eau chargée en algues et non en MES minérales en période estivale. La présence d'algues est ici concomitante avec la chute des concentrations en nitrates.

La disparition des nitrates en aval de la plaine Mazerolles, est due au fonctionnement lacustre de l'Erdre aval, favorables aux blooms algaux.

II.3. Paramètre chlorophylle a

Le développement algal d'un cours d'eau est souvent appréhendé par l'étude de l'évolution des concentrations en chlorophylle a.

Les stations de mesures de la qualité des eaux présentent des concentrations en chlorophylle a 1 fois par mois sur la période mars-octobre, période propice au développement des cyanobactéries.

Sur la station de Candé, l'Erdre présente une faible concentration en chlorophylle a, quelques pics estivaux supérieurs à 25 µg/l sont observables en août 2006, octobre 2013 et mai 2017. Le développement algal peut se faire sur toute la période estivale (Figure 74).

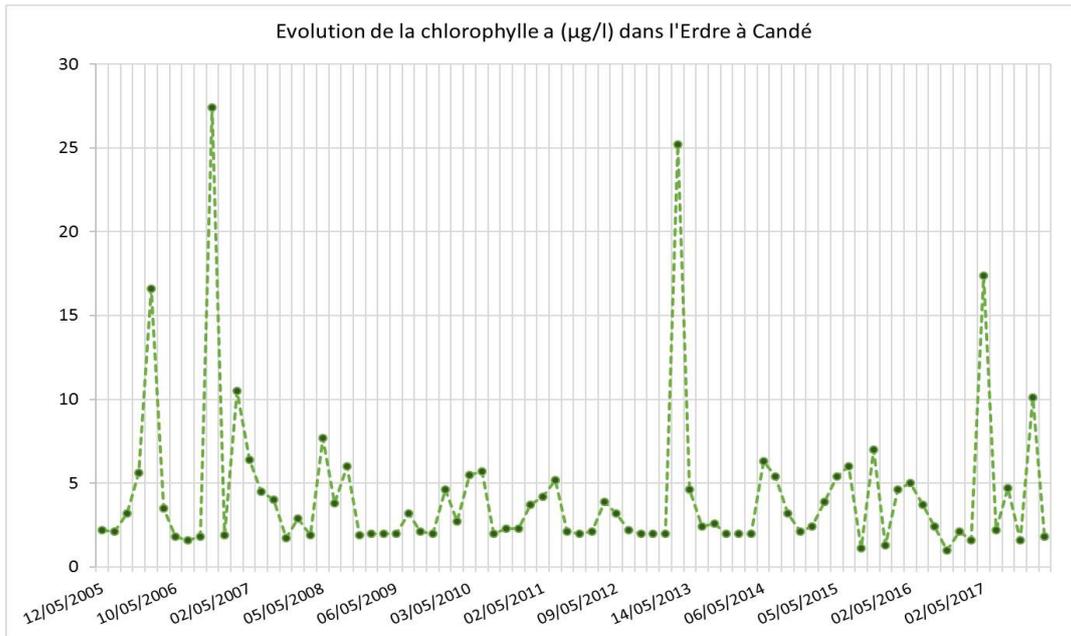


Figure 74: Evolution de la concentration en chlorophylle a à Candé

Concernant la station de Nort-sur-Erdre, une diminution significative des concentrations en chlorophylle a est notable à partir de 2006. Les valeurs descendent à inférieure 5 µg/l (Figure 75).

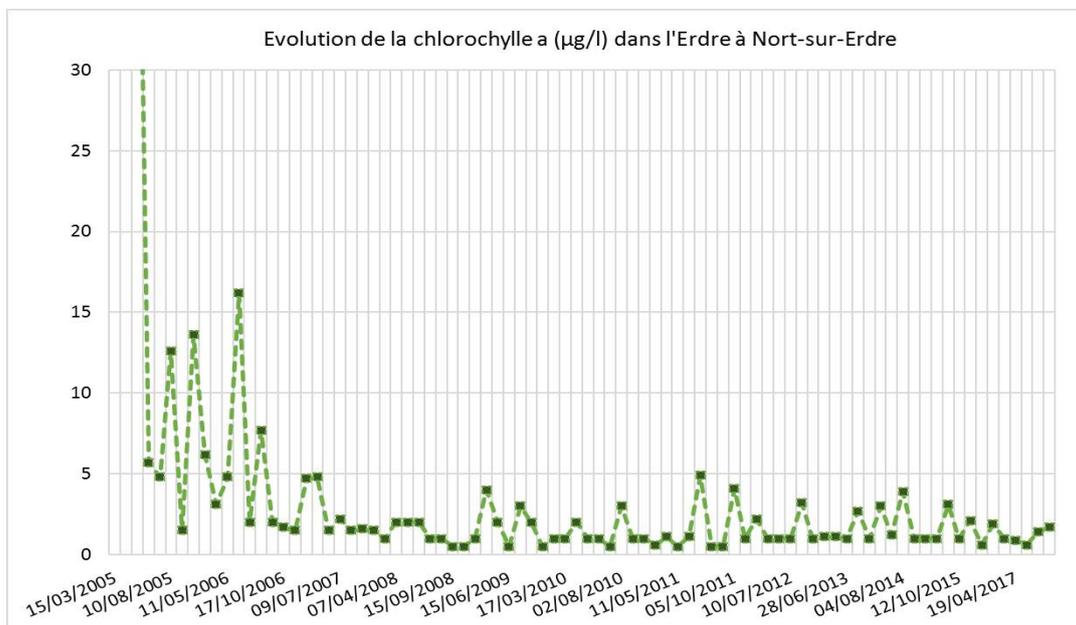


Figure 75 : Evolution de la concentration en chlorophylle a à Nort-sur-Erdre

En aval de la plaine Mazerolles (Sucé-sur-Erdre) les concentrations augmentent fortement en aval en période estivale. Elles dépassent régulièrement les 80 µg/l, à chaque période estivale (Figure 76). Cette évolution confirme les conclusions précédentes sur la relation MES/NO₃.

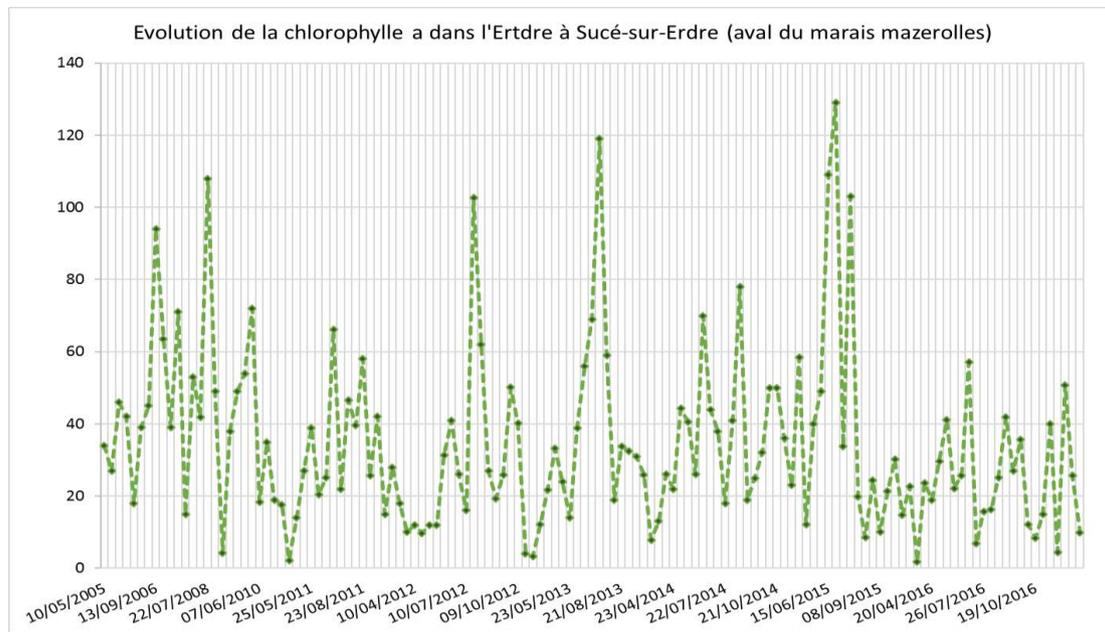


Figure 76: Evolution de la concentration en chlorophylle a à Sucé sur-Erdre

Ces concentrations en chlorophylle a sont liées au développement de population algale dans la colonne d'eau. Ce sont les algues qui stockent alors le phosphore qu'elles ont assimilé dans ce plan d'eau. Elles se déplacent alors avec une réserve potentielle de phosphore disponible à nouveau lorsque les algues mourront au cours de leur déplacement.

En 2016 et 2017, les conditions sont moins favorables aux développements algaux. Les concentrations en chlorophylle a (marqueur de l'eutrophisation) sont nettement plus faibles sur la station de Sucé-sur-Erdre.

Remarque :

Ce pigment n'est pas le meilleur traceur pour suivre l'évolution du développement des cyanobactéries. En effet les chlorophycées et les diatomées disposent en effet de concentration intra cellulaire beaucoup plus élevée que dans les cyanobactéries.

Il n'y a pas de corrélation entre augmentation des cellules de cyanobactéries et la concentration en chlorophylle a dans l'eau.

III. Evolution de la qualité des affluents

L'Erdre est une rivière en état eutrophe sur tout son linéaire, y compris sur la partie amont (station à Candé). En effet, l'analyse de l'évolution des concentrations en azote et en phosphore entre 2005 et 2017 (12 ans) a montré que les conditions nutritives ne sont pas limitantes dans l'Erdre au développement de blooms phytoplanctoniques.

Entre la station de Candé et la station de Sucé-sur-Erdre, l'Erdre s'enrichit en phosphore et en nitrates. Les rejets urbains prennent une part importante dans les apports en nutriments phosphorés, associés aux transferts par ruissellement de sols en amont.

La caractéristique hydrologique du bassin versant (lenticque, exposition à l'ensoleillement) associée aux perpétuels apports en éléments azotés et phosphorés favorisent la production de biomasse algale.

Les zones de réservoirs en nutriments azotés et en nitrates telles que la plaine Mazerolles, favorisent davantage le développement algal.

L'enrichissement en éléments nutritifs sur tout le linéaire de l'Erdre provient des apports par ses affluents. L'Erdre à Sucé-sur-Erdre, reçoit les rejets en éléments phosphorés et azotés du ruisseau Jeanneau, du Canal de Nantes à Brest et du ruisseau de Saint-Médard. Ces apports proches des milieux les plus propices aux développements du phytoplancton sont de véritables Starter au bloom naissant.

Ces apports sont transformés dans la plaine de Mazerolles où une consommation importante en nitrates et en phosphore est réalisée par la biomasse algale (Figure 53 et 54).

Le long de l'Erdre, le phénomène de stockage du phosphore particulaire peut faire fluctuer la concentration en phosphore dans la colonne d'eau. L'estimation du flux en phosphore nécessite de connaître le stock présent dans le sédiment et le coefficient de transfert de la colonne d'eau et vers le sédiment (et inversement).

L'Erdre à son exutoire présente des concentrations similaires en phosphore et inférieures en nitrates par rapport à la station amont à Candé.

La consommation algale et l'équilibre stockage/Relarge du P du sédiment explique l'évolution en phosphore (lié aux 2 phénomènes). La consommation biologique et la dénitrification induisent la diminution significative des concentrations en nitrates malgré les apports des affluents (Figure 77 et Figure 78).

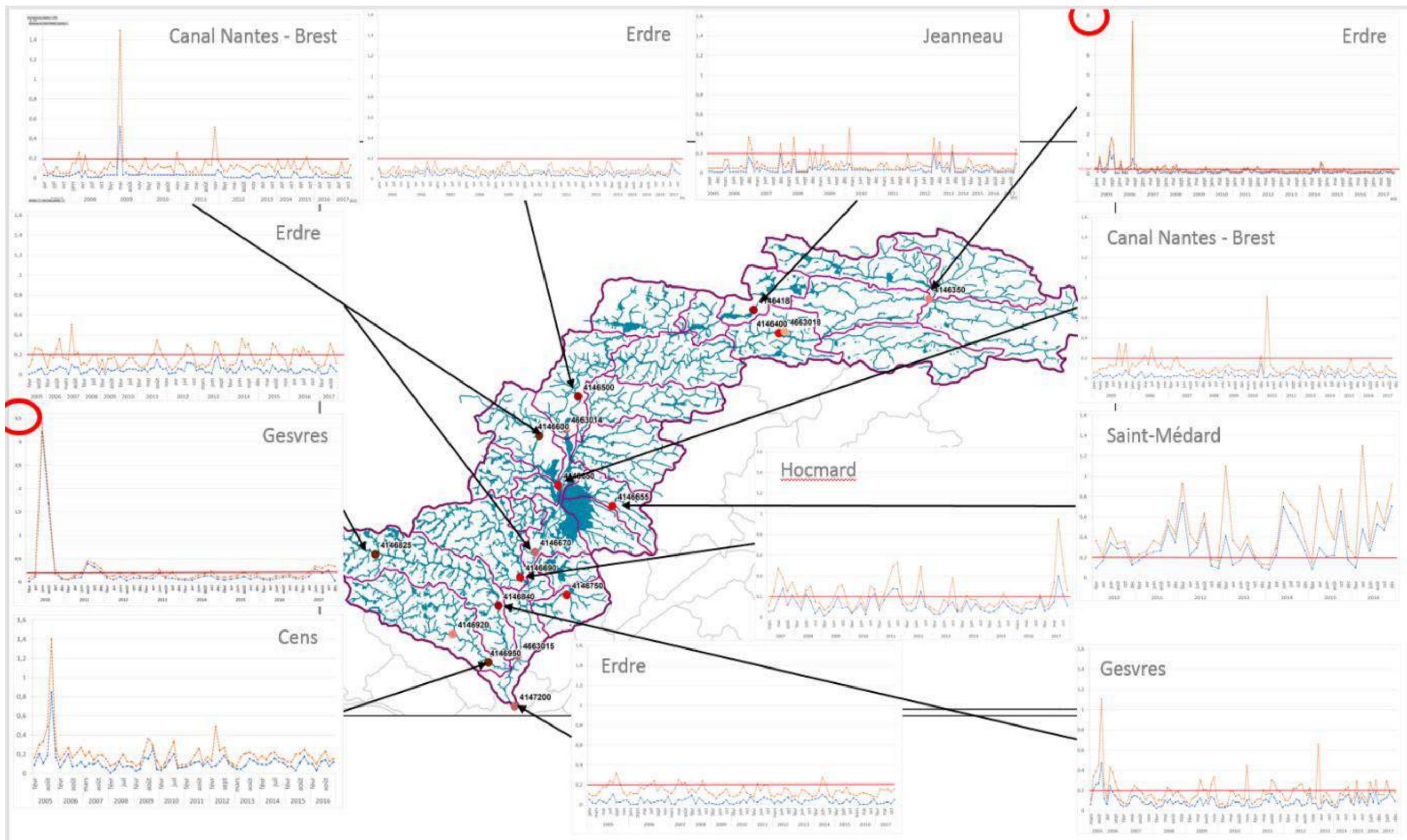


Figure 77: Evolution spatio-temporelle des concentrations en phosphore total et en ortho-phosphates sur le bassin versant de l'Erdre

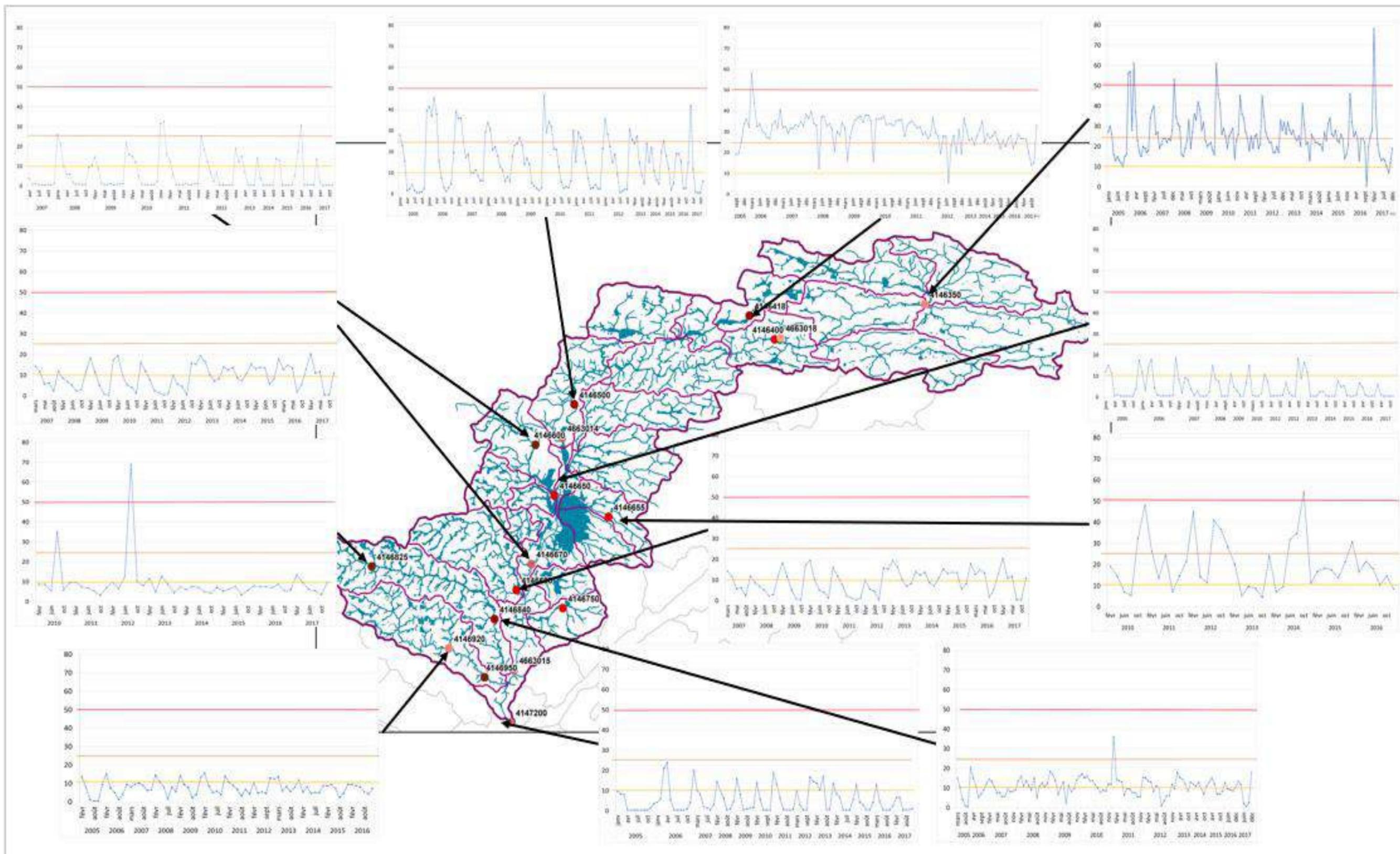


Figure 78 : Evolution spatio-temporelle des concentrations en nitrates sur le bassin versant de l'Erdre

- Ruisseau Jeanneau

Le ruisseau Jeanneau en amont du Canal de Nantes à Brest est quant à lui caractérisé par des apports en éléments phosphorés liés au lessivage des sols ruraux en période de crue. Les concentrations en nitrates oscillent entre 30 et 40 mg/l jusqu'en 2011. En effet, une tendance à la baisse des concentrations est observable.

- Canal de Nantes à Brest

L'eau du canal de Nantes à Brest connaît des pics importants en phosphore total (0,2 mg/l) depuis 2005. La part en phosphore soluble domine dans les apports en phosphore total. Les pics estivaux peuvent être associés à un rejet type urbain, à un relargage des sédiments et/ou à un relargage lors de la mortalité des algues.

Concernant les nitrates, leurs concentrations chutent en période estivale en raison de leur consommation par la dénitrification ou /et par les algues. Les pics de concentrations entre 10 et 20 mg/l est observée en période hivernale de chaque année.

Ces concentrations conditionnant l'état eutrophe de l'eau ont peu évolué sur cette période. Le canal présente donc une surcharge organique qui évolue cycliquement sur l'année.

- Ruisseau de Saint-Médard

Le ruisseau de Saint-Médard à Saint-Mars-du-Désert, connaît un apport important en phosphore total avec une part dissoute majoritaire. Les valeurs descendent rarement en dessous des 0,2 mg/l et augmentent jusqu'à 1,2 mg/l de P_{tot}/mg. Le pic maximal atteint (1,3 mg/l) date d'avril 2016. Les concentrations en nitrates atteignent entre 2010 et 2014 des pics à 50 mg/l lors d'évènement pluvieux. Les concentrations en étiage stagnent à 10 mg/l.

Le ruisseau de Saint Médard est significativement influencé par le rejet amont.

- Ruisseau le Hocmard

Le ruisseau le Hocmard sur sa partie aval a des concentrations en phosphore total variant entre 0,1 et 1 mg/l. Ces dernières sont maintenues en période hivernales en raison du contexte hydraulique sur cette zone. En effet, le Hocmard est influencé par le régime type plan d'eau de l'Erdre. La part en phosphore particulaire domine dans les apports en phosphore total. Les rejets résultent des lessivages de sols lors d'évènements pluvieux.

Les concentrations en nitrates ne dépassent pas les 20mg/l en période hivernale et chutent en période estivale liée à la consommation par dénitrification ou/et par les algues.

- Ruisseau de Gesvres

Entre 2005 et 2017, les phosphates ont des concentrations inférieures à 0,5 mg/l sauf sur les mois d'août 2005 et février 2013. Le ruisseau de Gesvres étant urbanisé, les concentrations en phosphore total est à l'origine des rejets urbains. Notamment, les pics en éléments phosphorés sont rencontrés en période estivale.

Les concentrations en nitrates sont réduits par rapport aux bassins versants ruraux amont. Elles oscillent proche de zéro en période estivale et 20 mg/l en période hivernale. Un pic proche de 40 mg/l est observé en hiver 2010. Une consommation des nitrates est notable en période estivale.

Ainsi, le Gesvres perd son caractère rural puisque les concentrations en nitrates sont faibles sur ce bassin versant. Il connaît des rejets ponctuels en éléments organiques par les eaux usées traitées. L'évolution des concentrations sur 12 ans est stationnaire.

- Ruisseau le Cens

Le ruisseau le Cens, proche du ruisseau de Gesvres présente une signature des concentrations en phosphore total et en nitrates similaire. Les concentrations en phosphore sont inférieures à 0,4 mg /l. Les pics en éléments phosphorés se retrouvent en période estivale, correspondant aux rejets d'eaux usées traitées.

Concernant les concentrations en nitrates, les valeurs oscillent entre zéro et 15 mg/l sur les 12 années. Les pics de nitrates se retrouvent nécessairement en hiver. L'évolution de ces valeurs est stationnaire sur cette période.

Ainsi, le Cens est faiblement eutrophisé avec des valeurs faibles en nitrates. En revanche, il subit des rejets organiques urbains.

Ces évolutions du phosphore et des nitrates mettent en évidence le caractère urbain ou rural de chacun de ces affluents. Les sources directes ou diffuses conditionnent l'alimentation du réseau hydrographique. Le fonctionnement interne, plus particulièrement en basses eaux, vient modifier significativement la signature des sous bassins versants d'alimentation en consommant une part de ce flux de nutriments (Chutes des concentrations en basses eaux). Les eaux lenticques sont de véritables réacteurs biologiques qui transforment ces nutriments en biomasse algale (eaux vertes et bleues).

ETAPE 4 : Apports endogènes et exogènes en phosphore et azote

I. Les sources d'altérations à l'échelle du bassin versant d'alimentation

I.1. Rappel sur les types de sources de Phosphore

La caractéristique de la dynamique du phosphore à l'échelle d'un bassin versant implique d'identifier d'une part les différentes sources de cet élément, et d'autre part, leurs mécanismes et voies de transfert jusqu'au cours d'eau.

S'exprimant sous la forme d'une source ponctuelle essentiellement liée aux rejets d'assainissement, ou sous forme d'une source diffuse liée au travail des terres agricoles, la fuite de cet élément concerne tous les usagers urbains et ruraux (Figure 79).

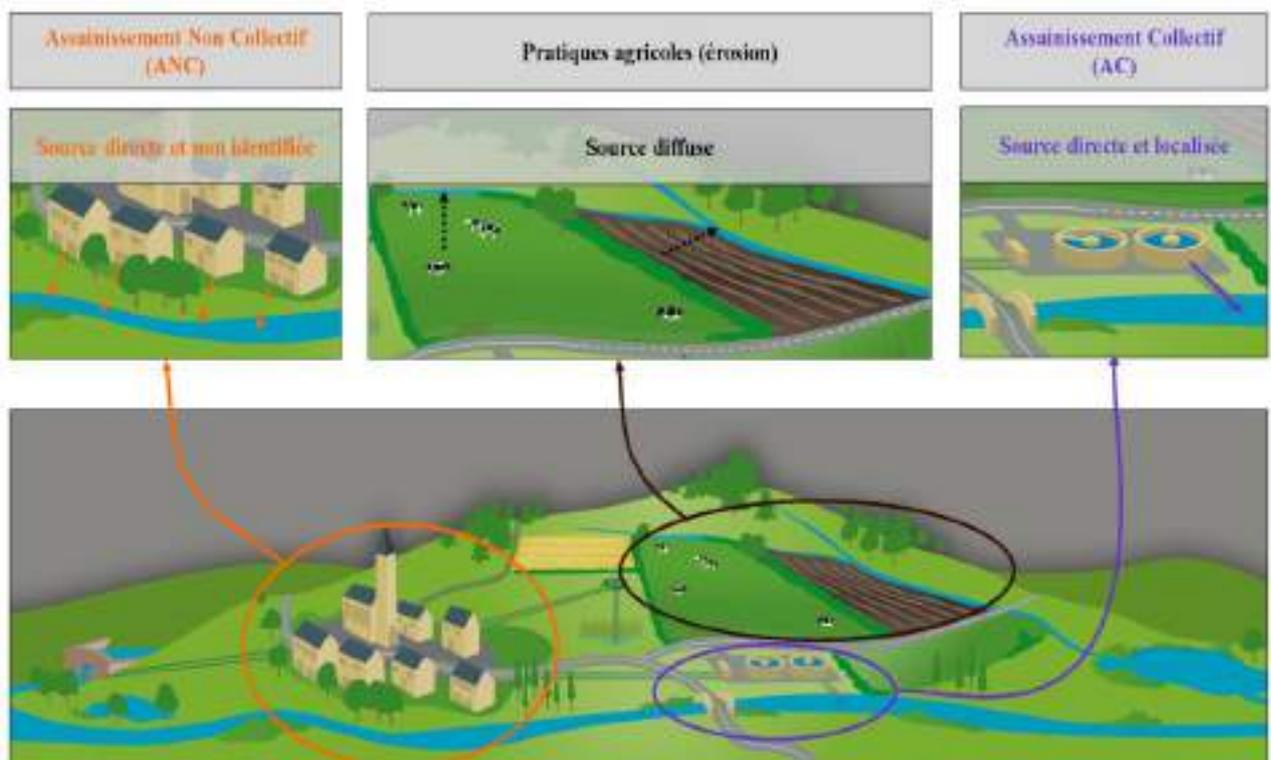


Figure 79 : Les différentes sources de Phosphore à l'échelle d'un bassin versant

Si les mécanismes de transfert du phosphore au cours d'eau sont en partie pilotés par le contexte hydrologique, ce dernier agit aussi comme un élément déterminant dans le processus d'érosion des sols. Selon la période hydrologique étudiée, la signature du cours d'eau pourra traduire un contexte urbain avec une prédominance des rejets (prédominance de P-PO₄ à l'été), ou un contexte rural révélateur de l'érosion des terres agricoles, ou encore une signature mixte.

Les rejets de phosphore liés aux rejets directs, en particuliers ceux de l'assainissement collectif (ou industriel), est traduisible en un flux de phosphore exporté au cours d'eau. Les stations d'épuration bénéficient de suivis qualitatifs et quantitatifs de leurs rejets, rendant possible le calcul d'un flux rejeté. L'assainissement non collectif constitue une autre source directe de phosphore, mais non localisée.

Rappelons enfin, que la dynamique du phosphore est complexe et une part importante des flux exportés des versants se retrouve stockée, plus ou moins longtemps dans l'hydrosystème : il n'y a pas d'autoépuration mais seulement un stockage du phosphore qui peut devenir bio-disponible sous certaines conditions physico-chimiques.

Les sources directes de phosphore pourront être traduites en flux de phosphore exportés au cours d'eau. Le flux de phosphore correspond au produit de la concentration en phosphore total par son débit :

$$\text{Flux de phosphore} \left(\text{en} \frac{T}{\text{an}} \right) = \text{Concentration} * \text{Débit}$$

En fonction du type de données recueillies auprès des exploitants de stations d'épuration, les flux de P seront calculés sur plusieurs années et les variabilités intra-annuelles des débits rejetés seront précisées selon différentes périodes hydrologiques (ex : en basses eaux et hautes eaux).

Le poids de l'ensemble des sources directes de phosphore pourra être mis au regard des flux théoriques de P en direction de l'Erdre : les débits mesurés sur le bassin versant.

1.2. Rappel sur les types de sources azotées

Les eaux de surface peuvent être enrichies par les fuites d'azote minéral et organique, issues des zones urbaines ou rurales. Ces rejets proviennent d'apports en excès de fertilisants ou de produits organiques azotés. Les fuites d'effluents d'animaux d'élevage peuvent contribuer à un apport azoté. Les rejets urbains sont issus notamment des eaux résiduaires domestiques, au niveau de l'AC et de l'ANC.

L'azote ammoniacal (NH_4) est souvent le principal indicateur chimique de pollution directe d'une eau de rivière à l'aval d'un rejet direct (connu ou non). La forme ammoniacale n'est pas toxique, mais dans les eaux à pH supérieur à 9 une fraction peut être transformée en ammoniaque (NH_3). Ce gaz ammoniac en suspension dans l'eau est, quant à lui, toxique pour les poissons.

Plus en aval, la forme ammoniacale se transforme par oxydation en nitrites puis rapidement en nitrates. Les nitrates peuvent être utilisés dans les processus respiratoires des bactéries de la dénitrification, qui va conduire successivement à des composés moins oxydés de l'azote selon la séquence de réactions :

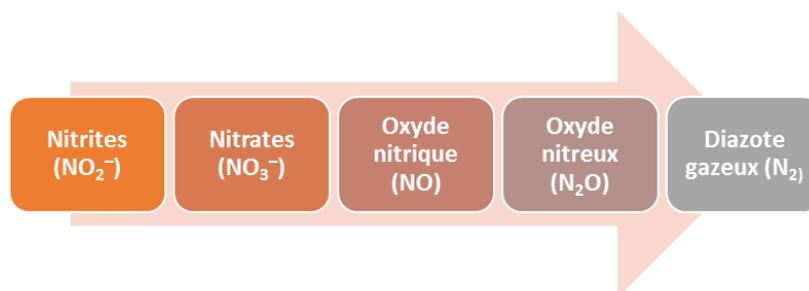


Figure 80: Cycle de l'azote

Les nitrites sont toxiques pour les poissons à pH inférieur à 7 de l'eau. Les concentrations même inférieures à 1 mg de NO_2/l entraînent la mortalité piscicole. De plus, l'effet de toxicité des nitrites est plus rapide que par celle de l'ammoniaque.

Les nitrates sont majoritairement d'origine agricole (>95%) par lessivage des sols cultivés. A la marge les stations d'épuration contribuent à l'augmentation du flux en azote nitrique dans le cours d'eau.

Le paramètre azote global (NGL) est un paramètre utilisé essentiellement dans le domaine des rejets afin de préciser les performances nominales des stations d'épuration. Il représente la somme des trois formes suivantes de l'azote : azote Kjeldahl (azote organique et azote ammoniacal), nitrites et nitrates. Dans les eaux superficielles les nitrates représentent plus de 80% du flux de l'azote total dissous.

II. Les flux véhiculés par les cours d'eau

II.1. Méthodologie

Le calcul des flux en phosphore et azote dans la rivière de l'Erdre repose sur les analyses d'eau des stations de mesures de la qualité de l'eau. Ainsi des concentrations en N et P sont caractérisées ponctuellement, une fois par mois généralement. Lorsque les mesures journalières de débits sont proches de la station d'échantillonnage une modélisation de la concentration journalière en Ptotal et en Nitrates peut être effectuée. Des flux journaliers peuvent alors être reconstitués.

Les flux sont ensuite exprimés sur un pas de temps à définir, généralement annuel (de sept n à août n+1) pour une étude bilan de matières à l'échelle d'un grand BV.

Le flux en phosphore est calculé sur le total des formes du phosphore (Ptotal). Pour l'azote, c'est la forme nitrique (NO₃) qui est la plus (et la mieux) suivie dans les cours d'eau. Comme elle représente (en flux) plus de 85% de l'azote total, les calculs de flux d'azote dans les cours d'eau sont ceux des flux de nitrates.

L'estimation des flux transitant dans la rivière de l'Erdre a pu se faire par année hydrologique sur la période 2006 à 2017. Deux stations principales sont retenues pour présenter le contexte général et apprécier le poids de l'assainissement dans ce bilan de nutriments.

- Partie amont du bassin (mesures à la station de Nort-sur-Erdre)
- Ensemble du bassin versant (mesures à l'exutoire)

II.2. Les flux en phosphore

Le flux en phosphore total véhiculé par les cours d'eau que l'on estime en sortie de bassin versant évolue fortement d'une année hydrologique à l'autre (Figure 81). Sur une année humide (2012 – 2013), les flux atteignent 45 Tonnes de Ptotal.

A l'opposé, les flux diminuent jusqu'à 5 T de Ptotal par an sur une année sèche (2016-2017). C'est l'hydrologie (le flux hydrique) qui conditionne ces variations inter-annuel.

Le territoire Amont de l'Erdre contribue pour moitié aux flux véhiculés en phosphore total sur l'ensemble du bassin versant, à l'exception des années hydrologiques extrêmes : 2011-2012 (année sèche), 2012-2013 et 2013 – 2014 (années humides). Sur ces années humides, la partie amont contribue davantage au flux global du bassin versant de l'Erdre (80%).

Si on tient compte des flux spécifiques annuels (kg/ha) en phosphore total, le même constat se vérifie (Figure 82). A partir de 2010, la contribution de la partie amont dépasse la contribution à l'échelle du bassin versant.

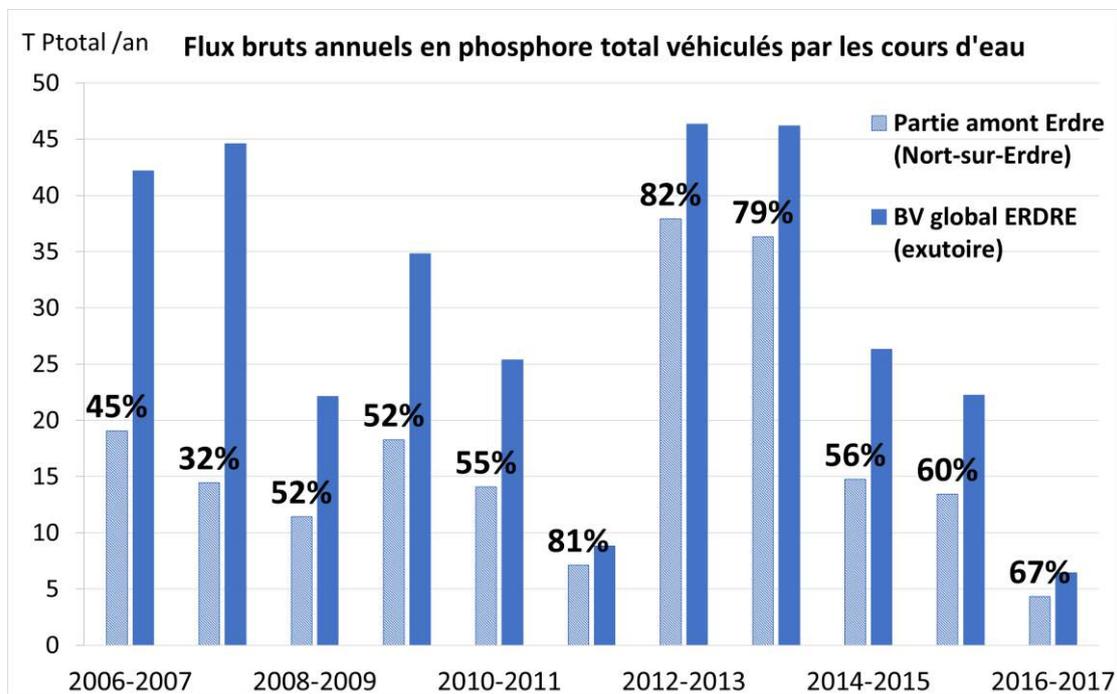


Figure 81: Flux bruts annuels en phosphore total véhiculés dans l'Erdre

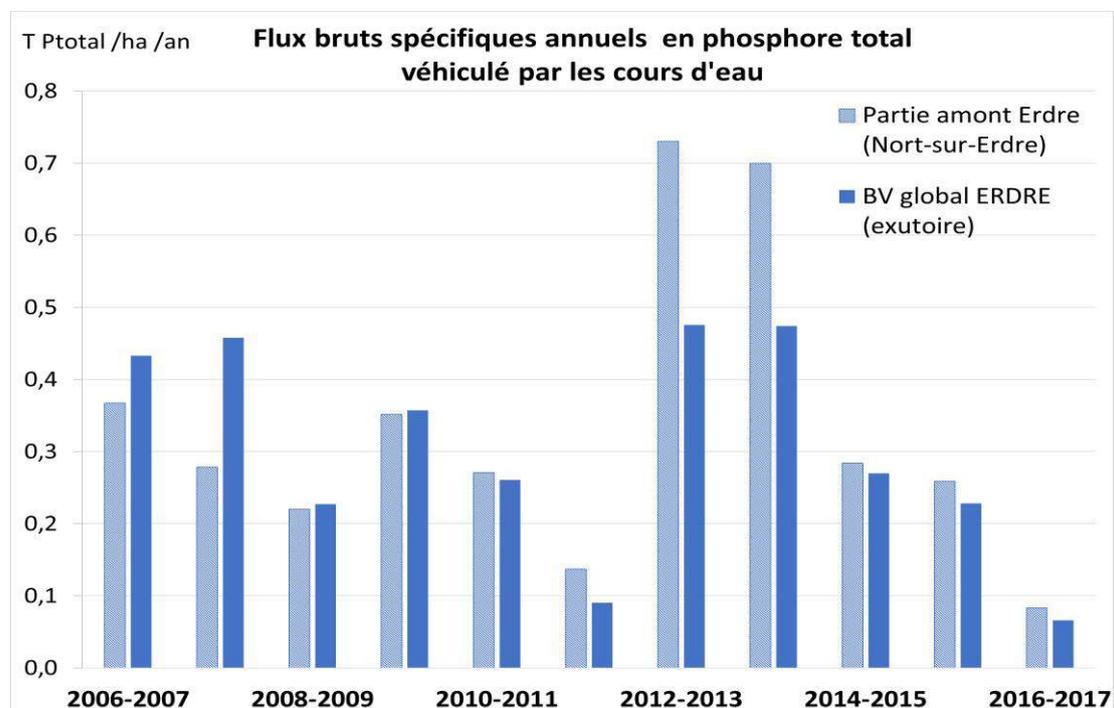


Figure 82: Flux bruts spécifiques annuels en phosphore total véhiculés dans l'Erdre

Les conditions pluviométriques qui influent sur les débits, conditionnent également les apports en phosphore et azote issus des différentes sources potentielles urbaines (rejets diffus) et agricoles (phénomène de ruissellement) sur la partie amont et aval.

Pour les bassins versants du Massif Armoricaïn, les flux spécifiques en phosphore total varient selon les années de 0,2 kg P/ha/an au minimum à 1.5kg par ha et par an. L'Erdre se situe parmi les bassins médians, en deçà de la moyenne.

II.3. Les flux en azote nitrique

Les fortes concentrations hivernales conjuguées à des débits importants en période de hautes eaux, conduisent à un pic du flux centré sur un mois (entre décembre et mars).

Sur cette période, les pluies efficaces sont responsables du lessivage des sols.

L'évolution interannuelle (2006 à 2017) des flux véhiculés en azote global est calculée sur la partie amont et sur l'ensemble du bassin versant de l'Erdre (Figure 83). L'évolution du flux annuel est là encore fonction de celle des débits.

La part des flux véhiculés en amont (d'après la station de mesures Nort-sur-Erdre) représente au minimum à 75% des flux globaux du bassin versant. Ce constat se vérifie par les flux bruts spécifiques (T azote/an/ha) (Figure 84).

Le secteur rural amont contribue davantage aux apports en azote. La pression en azote par unité surfacique sur la partie amont est plus élevée que sur l'ensemble du bassin versant depuis 2009. Et elle a augmenté significativement sur les années humides par rapport à l'ensemble du bassin versant (équivalence à un flux moyen) sur les années humides.

Lors des années sèches, les flux bruts en azote à la station de mesures de Nantes sont déficitaires par rapport à la station de mesures de Nort-sur-Erdre. La part des flux véhiculés sur la moitié amont du bassin versant est supérieure à 100%.

Cela peut se traduire par une perte en azote entre Nort-sur-Erdre et Nantes liée à la consommation des nitrates par la population algale, notamment sur le secteur de la Plaine de Mazerolles.

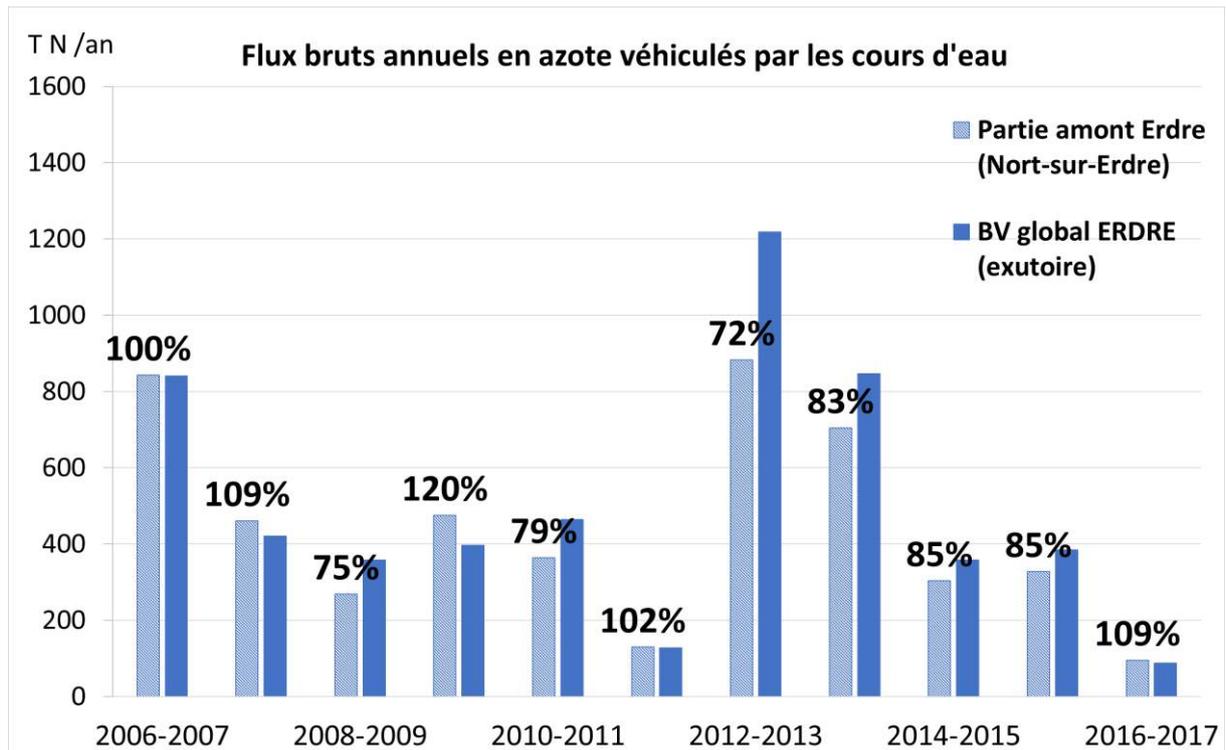


Figure 83: Flux bruts annuels en azote global véhiculés dans l'Erdre

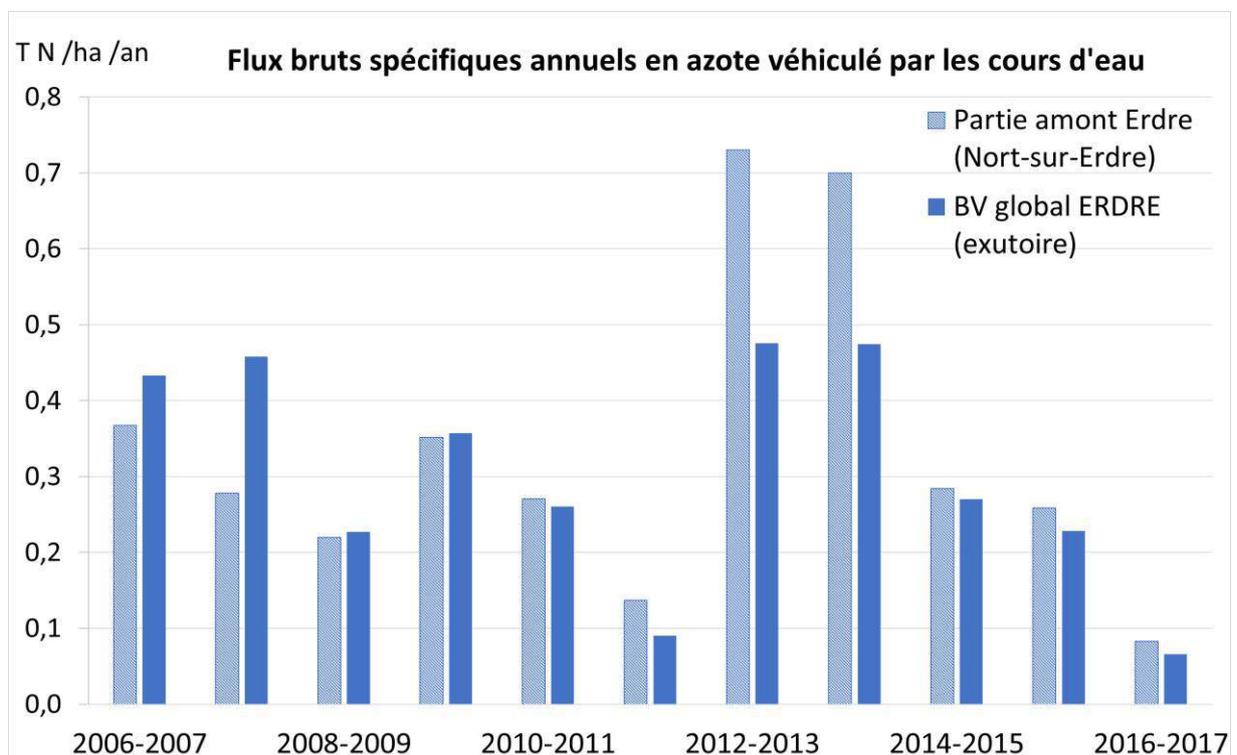


Figure 84: Flux bruts spécifiques annuels en azote global véhiculés dans l'Erdre

III. La source en phosphore total et en azote global liée à l'assainissement collectif

III.1. Estimation des flux en phosphore et en azote en sortie de station

III.1.1. Méthodologie

Pour estimer l'apport en phosphore issu de l'assainissement collectif (AC) sur le bassin versant de l'Erdre, il faut quantifier les flux sortant des AC c'est-à-dire ceux qui rejoignent le milieu récepteur naturel.

Les communes disposant d'une station d'épuration (boues activées, filière mixte, lagunage, ...) ont l'obligation d'adhérer au SATESE (le service d'Appui Technique à l'Épuration et au Suivi des Eaux) depuis 1 janvier 2008. Ce service fournit aux Agences de l'Eau des données d'exploitation et une appréciation sur la qualité du rejet vers le milieu naturel. Son autre mission consiste à apporter aux maires des petites communes, un soutien technique sur les problèmes liés à l'assainissement.

L'arrêté du 21 juillet 2015 relatif aux systèmes d'assainissement collectif et aux installations d'assainissement non collectif, à l'exception des installations d'assainissement non collectif recevant une charge brute de pollution organique inférieure ou égale à 1,2 kg/j de DBO5, remplaçant celui du 22 juin 2007, indique de nouvelles modalités de surveillance des STEP. Les fréquences minimales des mesures réalisées sur la file eau des stations es traitements des eaux usées dépendent de la capacité nominale de traitement de la station en kg/j de DBO5. La conversion en capacité nominale en EH donne :

En EH	En entrée de station (point réglementaire A3)	En sortie de station (point réglementaire A4)
Moins de 200	/	/
Entre 200 et 500	1 tous les 2 ans	1 tous les 2 ans
Entre 500 et 1 000	1 par an	1 par an
Entre 1 000 et 2 000	2 par an	2 par an
Entre 2 000 et 10 000	365 par an	365 par an
Entre 10 000 et 30 000	365 par an	365 par an

Les données relatives aux stations de traitement sur le département Loire-Atlantique ont été recueillies auprès du Conseil Départemental de la Loire-Atlantique. Concernant les informations relatives aux STEP de Carquefou, elles ont été transmises par le service assainissement de la Métropole de Nantes.

Les données relatives aux stations de traitement localisées sur le département de la Maine-et-Loire ont été recueillies auprès des communautés de communes.

Des bilans annuels de stations de traitement à capacité nominale supérieure à 2000 EH issus de l'Agence de l'Eau ont permis de compléter la donnée.

Il est considéré que les industriels implantés sur les communes sont tous raccordés au réseau d'assainissement. Ainsi, les rejets des stations d'épuration dans le milieu récepteur sont issus de la collecte et du traitement des eaux domestiques et industrielles.

Les calculs de flux ont été réalisés sur la base des campagnes de prélèvements réalisés sur les stations d'épuration, ainsi que des bilans annuels en entrée et en sortie. Les flux ont été estimés sur la base des moyennes mensuelles, notamment sur les stations d'une capacité supérieure à 2000 EH.

Cependant, l'ensemble des stations ne fait pas l'objet de campagne à fréquence mensuelle. Dans ce cas, les flux ont été estimés à partir des résultats des analyses ponctuelles et complétés à partir des concentrations annuelles des rejets.

En dernier recours, les concentrations en phosphore total et azote global sont estimées sur la base de valeurs de référence issues de la bibliographie. Les concentrations en phosphore total des rejets diffèrent selon le type de système de traitement.

En Ille et Vilaine, la synthèse des données de qualité des rejets de 275 STEP communales apporte des éléments de précision sur le rendement épuratoire des effluents par type de filière (source CD35). Les filtres plantés de roseaux, ainsi que les lagunages naturels ne sont pas adaptés au traitement du phosphore : les rendements épuratoires sont moyens, de l'ordre de 50%. La concentration en phosphore du rejet s'élève à 7,7 mg de Ptotal/l pour les filtres plantés de roseaux et de 5,2 mg de Ptotal/l pour les lagunages naturels du département. Concernant les boues activées, la concentration en phosphore de leur rejet est estimée à 1 mg/l.

La concentration en azote global des rejets des filtres plantés et des lagunages s'élève à 35 mg/l en été et à 3 mg/l en hiver. Pour le lit bactérien, les concentrations de l'effluent traité attendus sont inférieures à 55 mg/l pour un traitement par nitrification et compris entre 10 et 20 mg/l pour un traitement combiné « nitrification – dénitrification ». Les boues activées et les lits bactériens rejettent entre 5,5 à 10 mg/l en sortie de traitement. (Cemagref, 2001)

Les débits font références au « volume d'eau traité par an » et aux mesures de débits. En l'absence de ces données, une estimation est faite selon le débit nominal de référence de la station. Ce débit nominal qui prétend à une saturation hydraulique de la station est parfois ajusté selon les valeurs existantes afin d'éviter une surestimation des flux rejetés.

L'étude des flux en phosphore total et en azote global issus de l'assainissement collectif s'est portée sur les évolutions interannuelles à l'échelle du bassin versant de l'Erdre, des grandes unités de sous bassins versants et des petites unités de sous bassins versants. A cette échelle, il est possible de déterminer de manière locale la contribution des secteurs en apports en phosphore total.

L'évaluation interannuelle permet d'évaluer l'influence des conditions climatiques sur le rendement épuratoire des stations de traitement. Ainsi, l'étude s'est axée sur une année hydrologique de référence à faible pluviométrie (2012 – 2013), à pluviométrie modérée (2014 – 2015) et à pluviométrie déficitaire (2016 – 2017).

III.1.2. Estimation des flux en phosphore total

III.1.2.1. Les flux sur l'année hydrologique à pluviométrie excédentaire

Sur l'année hydrologique 2012 – 2013 à forte pluviométrie, le flux surfacique en phosphore total est estimé à 0,05 kg de phosphore par hectare, soit un flux global de 5,1 tonnes de Ptotal (Figure 82).

A l'échelle des sous bassins versants, les flux en phosphore total varient entre 0,007 et 1,7 tonnes, mais 60% des sous bassins versants ont un flux annuel inférieur à 0,2 T de Ptotal (Figure 83).

Les 8 stations de traitement (aucune donnée recueillie sur les stations de Candé et de Freigne) sur l'unité hydrographique amont contribuent à 23 % du flux total estimé à l'échelle du bassin versant de l'Erdre.

Le flux en sortie du sous bassin versant du Mandit aval représente 35% du flux global sur cette unité hydrographique. La station à filtres plantés (600 EH) de la commune d'Angrie, qui rejette 0,430 T/an, est régulièrement sujette à des intrusions d'eaux parasites (Figure 87).

Les STEP de l'unité hydrographique centrale contribuent moins aux apports en phosphore (0,5 T de Ptotal) puisque la part du flux total est à 14% sur l'année humide.

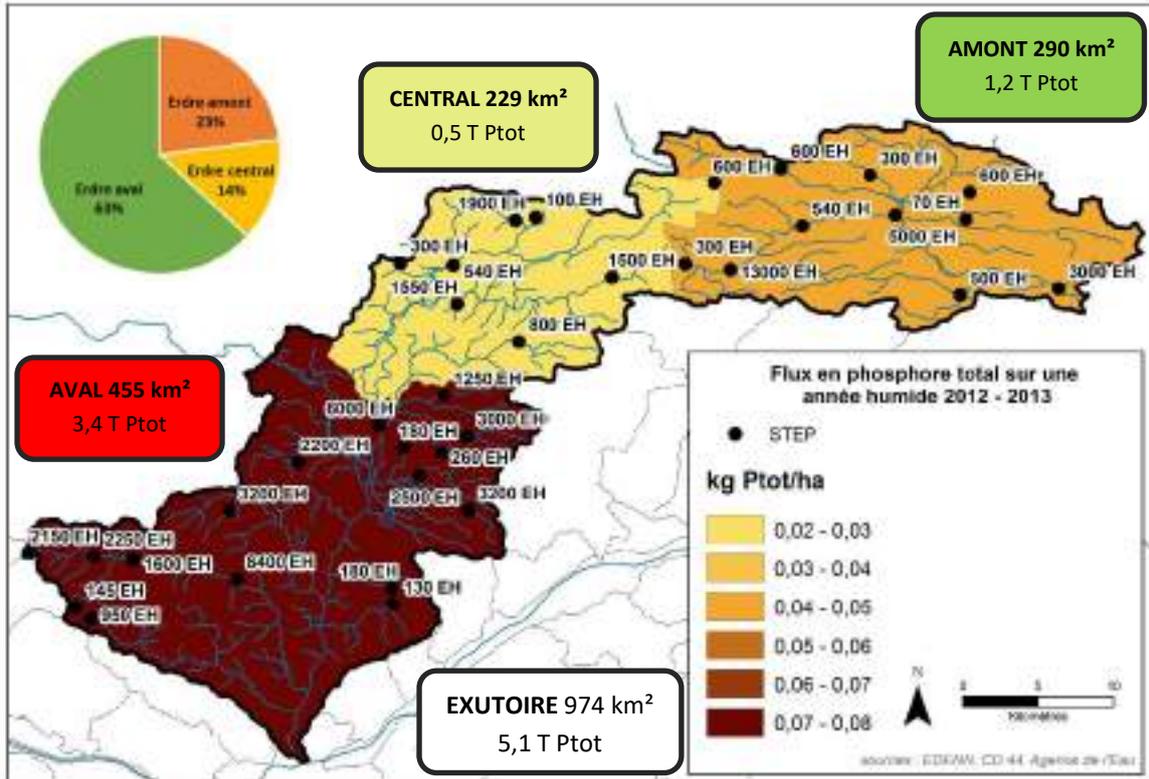


Figure 85 : Flux en phosphore total sur une année humide à l'échelle des grandes unités hydrographiques

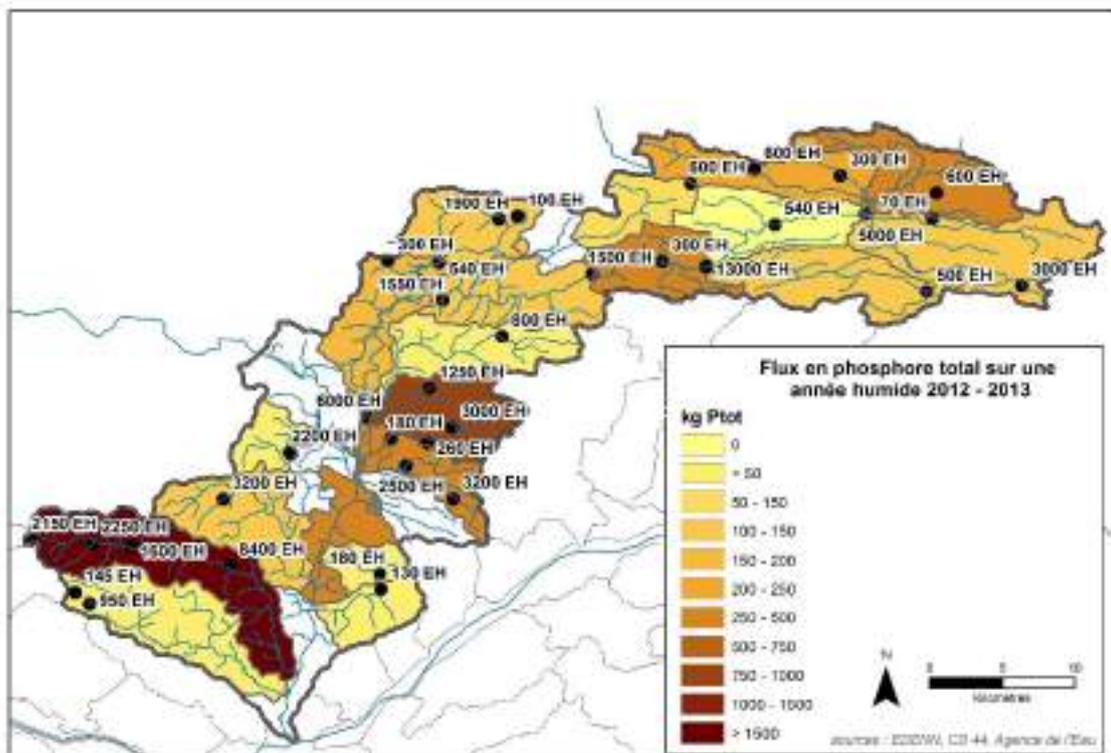


Figure 86 : Flux en phosphore total sur une année humide à l'échelle des sous bassins versants

Les 17 stations d'épuration sur le secteur aval contribuent à 63% du flux total. Sa grande superficie n'influence en rien la pression liée à l'assainissement collectif, puisque le flux surfacique en phosphore total sur ce secteur est important (0,074 kg Ptotal/ha). La station de traitement par boues activées (capacité de 2150 EH) de Temple de Bretagne située sur le sous bassin versant du Gesvres rejette à elle seule 1,2 tonnes de Ptotal, soit 34% du flux sur ce secteur. Elle est confrontée à des surcharges hydrauliques en périodes pluvieuses. Toutefois, il n'y a pas eu de surverse sur cette année hydrologique.

Les STEP du sous bassin versant du Rateau, le Pont Orioux et la Guinière (ssBV 12) apporte un flux de 0,85 T/an. Sur cette année 2012-2013, la lagune située sur la commune des Touches a connu un problème de fonctionnement entraînant la réduction du temps de séjour des eaux dans les bassins. Elle est d'autant plus soumise à des surcharges hydrauliques récurrentes. La station de boues activées de Ligné (3000 EH) contribue également aux apports en phosphore. Les bilans de suivis indiquent une sensibilité récurrente du réseau de collecte aux intrusions d'eau parasites pouvant pénaliser le bon fonctionnement du dispositif d'assainissement.

La station de boues activées de Nort-sur-Erdre (avant l'inauguration de la nouvelle station en 2018) connaissait une légère surcharge hydraulique impactant l'efficacité du traitement.

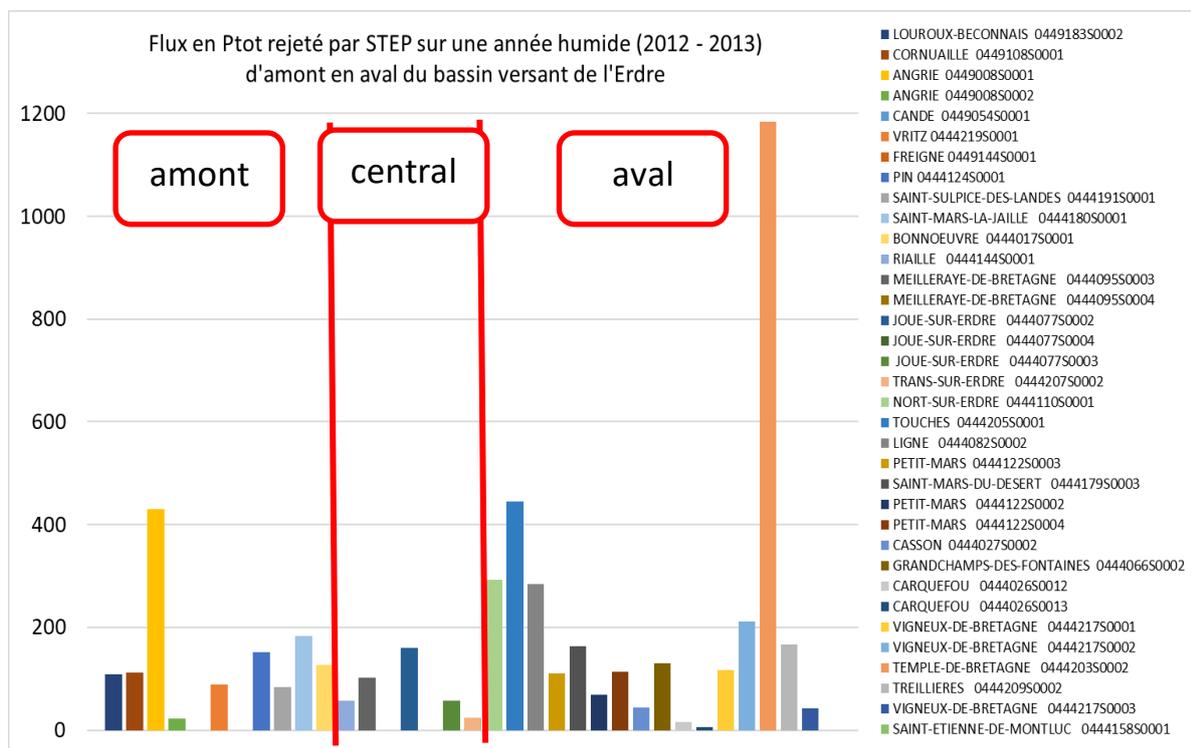


Figure 87: Flux en Ptotal par STEP sur une année humide

III.1.2.2. Les flux sur l'année hydrologique à pluviométrie modérée

Sur l'année hydrologique 2014 – 2015 à pluviométrie intermédiaire, le flux en phosphore total a légèrement diminué à l'exutoire par rapport à l'année humide de référence (13%), soit 4,4 tonnes de Ptotal (Figure 85).

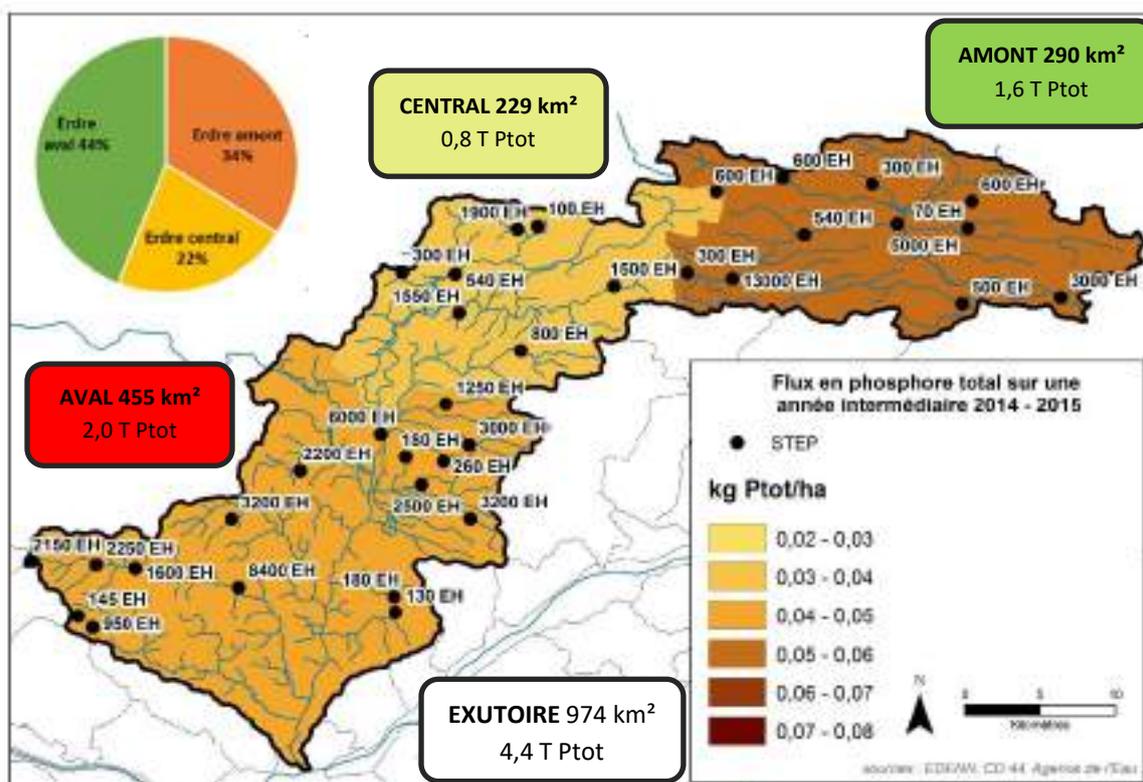


Figure 88: Flux en phosphore total sur une année à pluviométrie modérée à l'échelle des grandes unités hydrographiques

A l'échelle des sous bassins versants, les flux en phosphore total varient d'une valeur inférieure à 0,007 kg à 0,7 T, et 30% des sous bassins versants rejettent moins de 0,2 T de Ptotal (Figure 89).

Malgré la baisse globale des flux en phosphore total, la contribution des unités hydrographiques amont et centrale a augmenté par rapport à l'année humide. La part des rejets en phosphore total sur la partie amont, centrale et aval est respectivement de 34%, 22% et 44%.

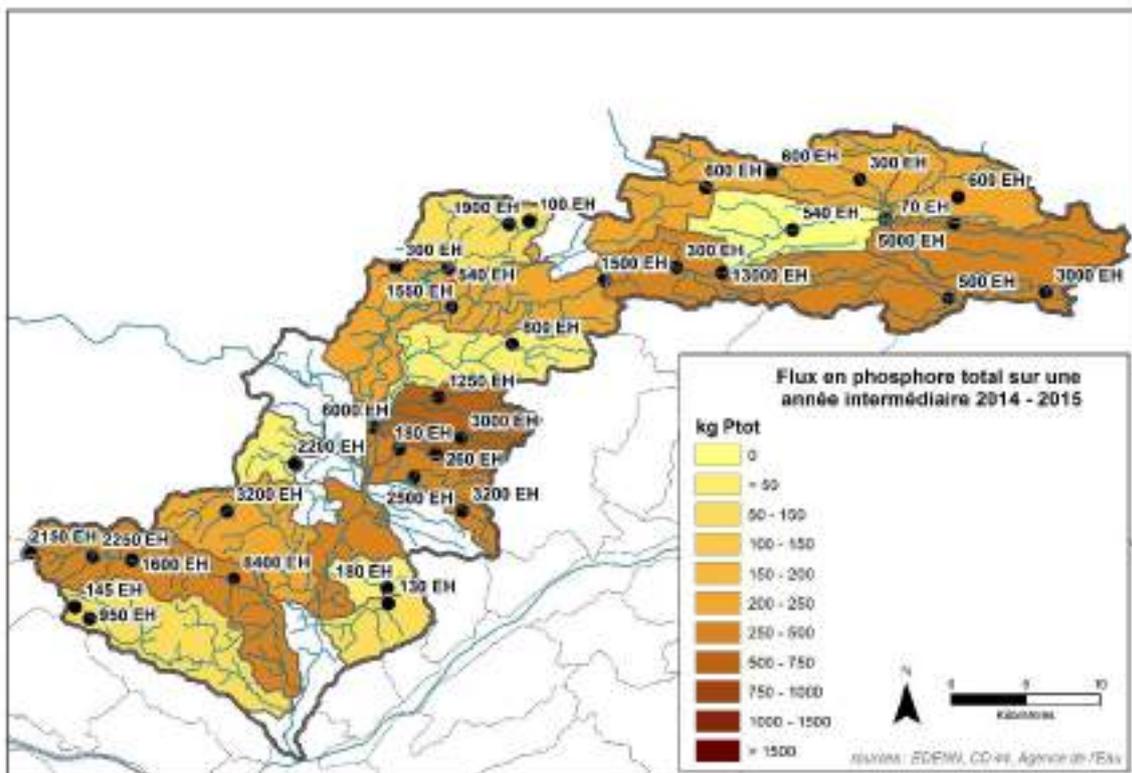


Figure 89: Flux en phosphore total sur une année à pluviométrie modérée à l'échelle des sous bassins versants

Cette hausse des flux en phosphore total des rejets sur la partie centrale et amont du bassin versant semble être liée à plusieurs explications (Figure 90) :

Les nouvelles STEP à filtre planté de Joué-sur-Erdre et à boues activées de Meilleraye de Bretagne ont été mises en service sur le sous bassin versant de l'Erdre (le Baillou et le Gouard) et le sous bassin versant du Baillou. Ces stations de traitement apportent un flux supplémentaire en phosphore total.

Les rejets des boues activées de Riailé et de Louroux-Béconnais ont connu plusieurs dépassements de la norme en concentration de phosphore total. Notamment, la deuxième station a rencontré des problèmes sur la pompe d'injection du chlorure ferrique réduisant le rendement épuratoire.

La lagune aérée de La Cornuaille est soumise à des surcharges hydrauliques importantes et chroniques en période pluvieuse en raison du réseau unitaire. Les pompes de relèvement des eaux brutes font l'objet de dysfonctionnements chroniques augmentant les risques de rejets au milieu naturel.

Les nouvelles STEP de Saint-Etienne-de-Montluc et de Carquefou, ainsi que la hausse des concentrations du rejet des boues activées de Grandchamps-des-Fontaines entraînent un

impact à l'échelle de leur sous bassin versant respectif (dans l'ordre : le Cens, Hervé et l'Hocmard). Toutefois, il est compensé à l'échelle de l'unité hydrographique aval puisque le flux surfacique en phosphore total est réduit de moitié.

Certaines valeurs de concentrations et débits résultent d'une approximation lorsque la donnée recueillie n'est pas suffisamment précise. Les valeurs de flux basées sur une seule mesure de concentration et de débit mensuelle, voir annuelle peuvent aussi bien valoriser que dévaloriser l'efficacité du traitement d'une station.

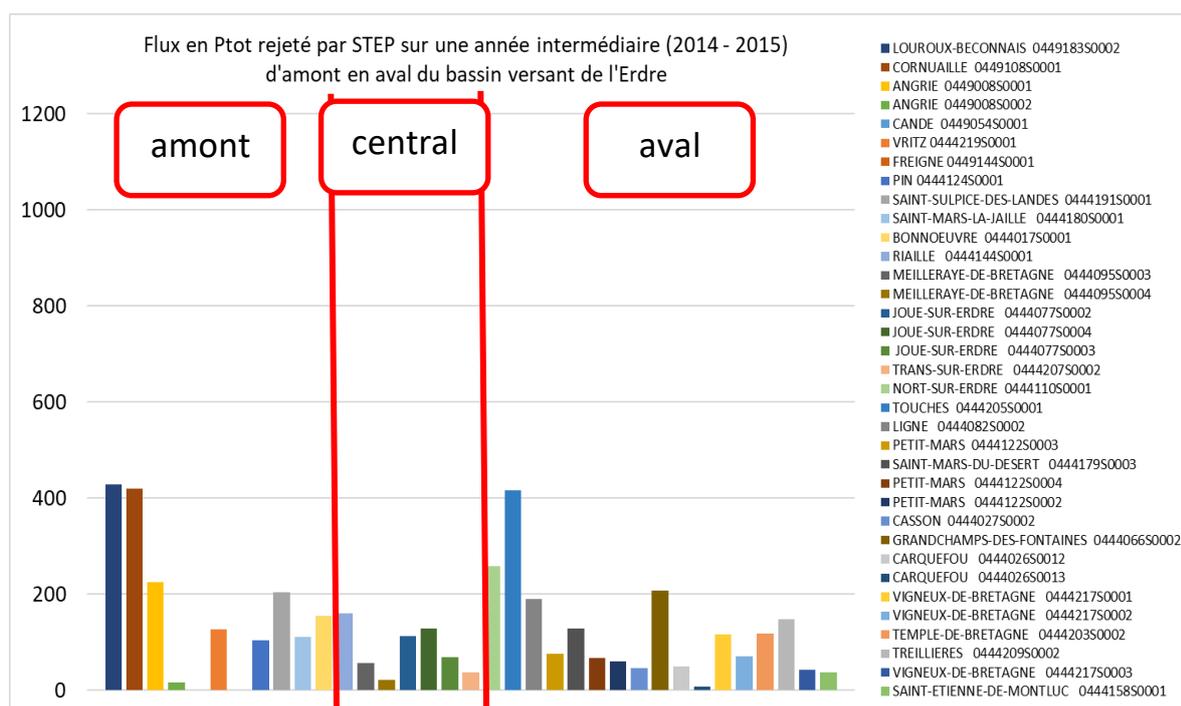


Figure 90: Flux en Ptotal par STEP sur une année à pluviométrie modérée

III.1.2.3. Les flux sur l'année hydrologique à pluviométrie déficitaire

Le flux en phosphore total sur l'année hydrologique 2016 – 2017 à pluviométrie déficitaire est en baisse de 40% par rapport à l'année humide. Le flux surfacique à l'échelle du bassin versant de l'Erdre diminue à 0,03 kg Ptotal/ha (Figure 88).

La stagnation, voire la baisse des flux globaux et des flux surfaciques est vérifiée sur l'ensemble des sous bassins versants sur l'année sèche. La signature de la pression en phosphore total liée à l'assainissement collectif sur cette année sèche est similaire à l'année humide. En effet, la contribution par unité hydrographique est de 30% sur l'amont, de 16% sur l'intermédiaire et 53% sur l'aval.

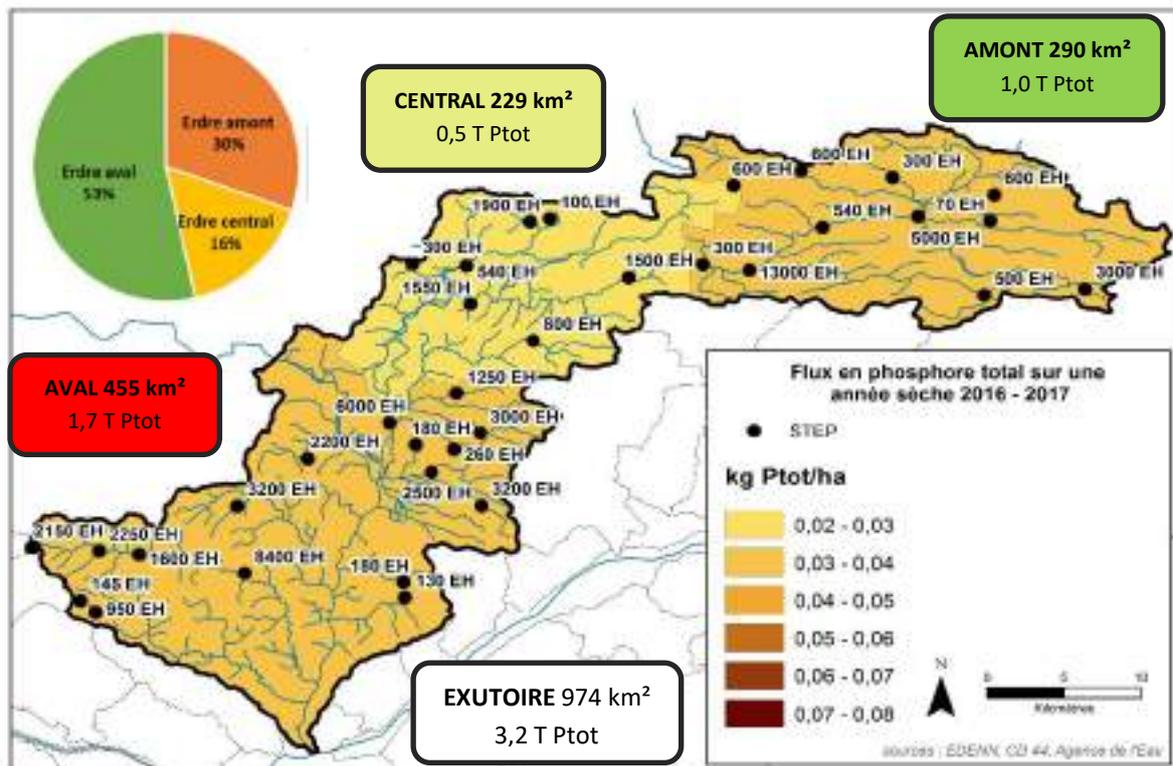


Figure 91: Flux en phosphore total sur une année sèche à l'échelle des grandes unités hydrographiques

A l'échelle des sous bassins versants, les flux en phosphore total varient d'une valeur de 0,007 kg à 0,4 T, et 70% des sous bassins versants ont un flux inférieur à 0,2 T de Ptotal (Figure 92).

Par rapport à l'année intermédiaire, 3 stations de traitement ont des flux globaux supérieurs. Cela concerne les stations de (Figure 93) :

- Nort-sur-Erdre (avant inauguration) (boues activées) présente un rejet plus chargé en phosphore total par rapport aux autres années. En 2017, la charge organique reçue atteint 89% de sa capacité et la charge hydraulique reçue dépasse sa capacité. La station est donc en surcharge, faisant alors diminuer le rendement épuratoire. En effet, les concentrations mesurées en sortie sur cette année hydrologique sont supérieures à la norme.

- La Cornuaille (Lagunage) est toujours soumise à une surcharge hydraulique pouvant impacter le rendement épuratoire sur cette année sèche. Toutefois, en absence de mesures régulières sur les concentrations en sortie de traitement sur l'ensemble des années étudiées, les flux peuvent aussi bien surestimés que sous-estimés.

- Treillières (boues activées) qui est impactée par une hausse de la concentration en phosphore total du rejet.

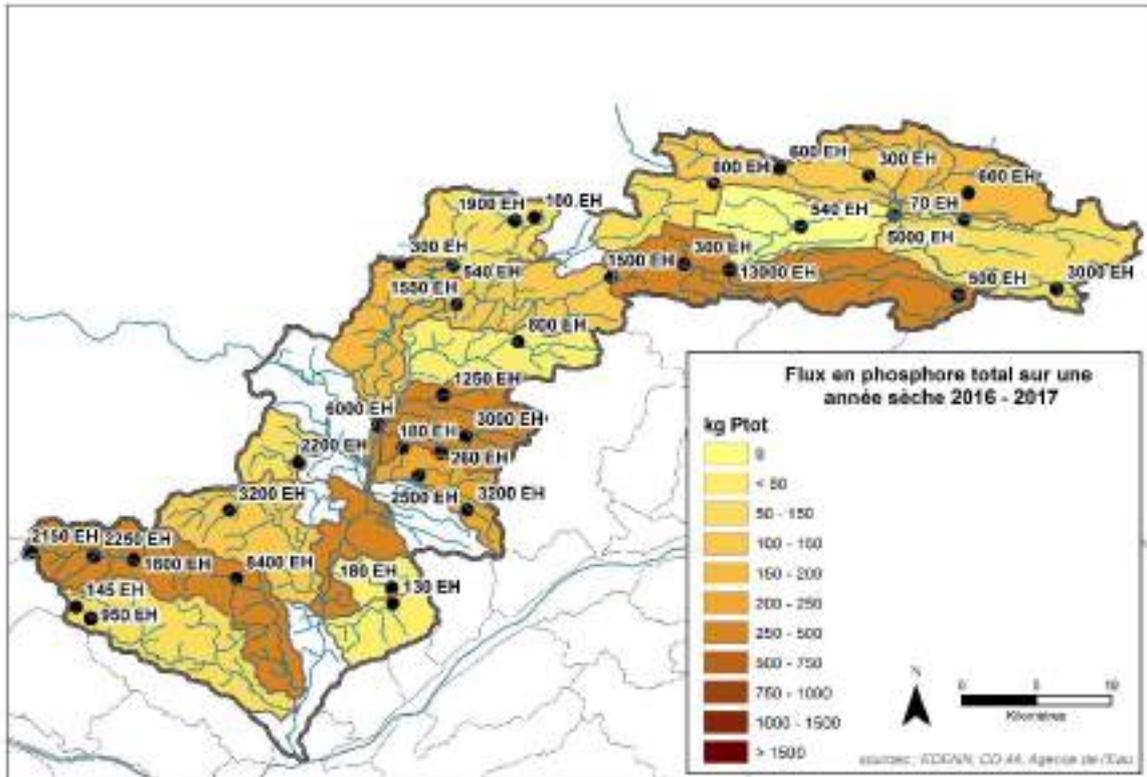


Figure 92 : Flux en phosphore total sur une année sèche à l'échelle des sous bassins versants

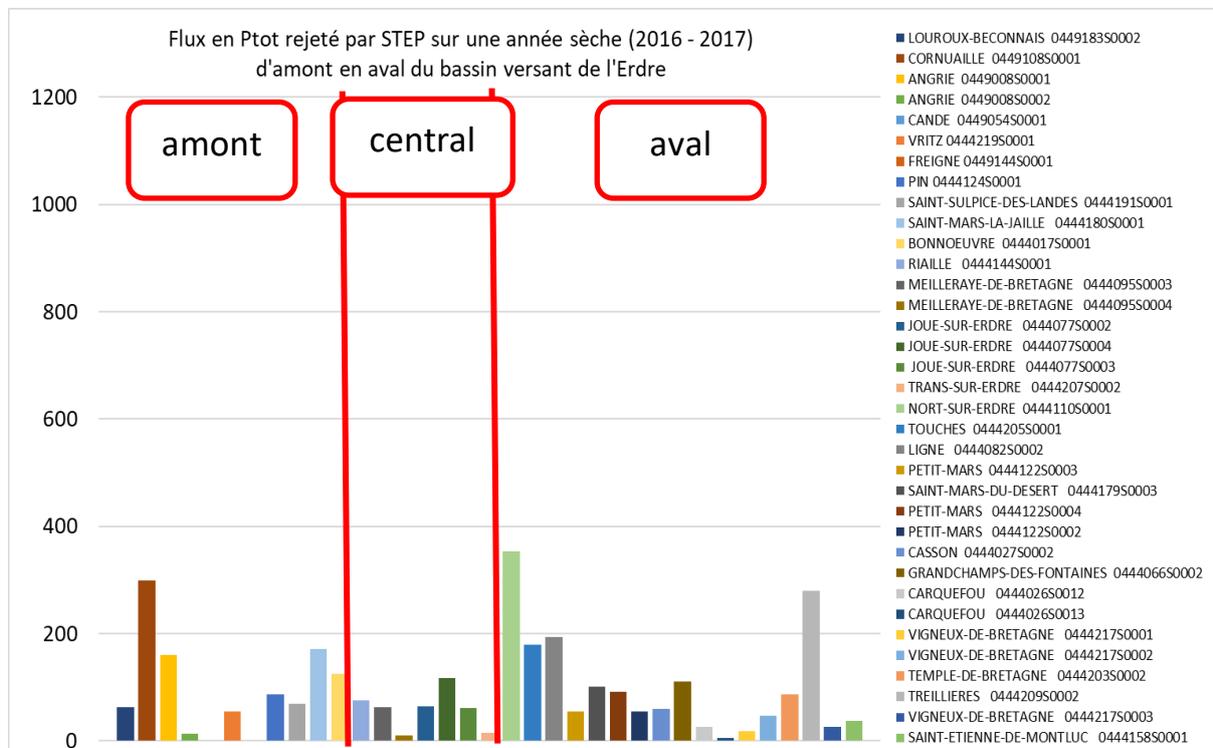


Figure 93 : Flux en Ptotal par STEP sur une année sèche

III.1.2.4. Bilan sur l'estimation des flux en phosphore total issu de l'assainissement collectif

L'étude interannuelle des flux en phosphore total issus de l'assainissement collectif démontre des apports en année sèche réduits de 40% par rapport à une année humide sur le bassin versant de l'Erdre (Figure 94).

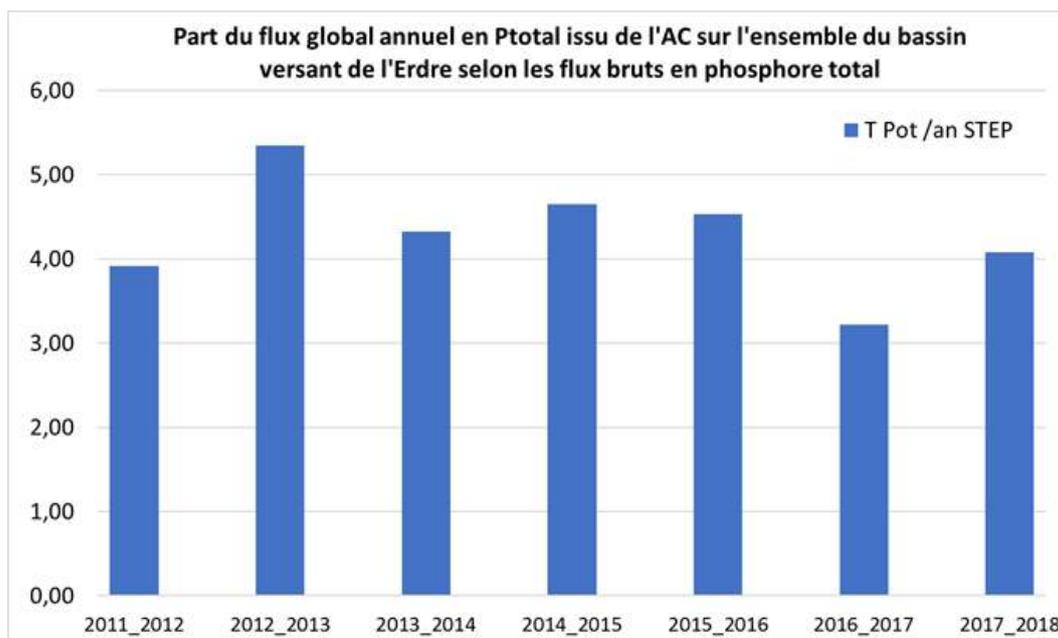


Figure 94 : Flux annuel en Ptotal issu de l'AC sur le bassin versant de l'Erdre

Toutefois, l'étude à l'échelle des sous bassins versants permet de montrer une distribution disparate des apports en phosphore total issu de l'assainissement collectif entre une année humide et une année sèche.

En effet, les observations faites sur le fonctionnement des stations à partir des données ponctuelles sont spécifiques à chaque année hydrologique de référence. Il faut notamment être prudent sur ces variations de flux, puisqu'ils découlent de débits et de concentrations mesurés au maximum une fois par mois. De plus, la fluctuation du paramètre pluviométrique ne pourrait pas être assez prononcée entre l'année hydrologique de 2012 – 2013 et celle de 2014 – 2015.

En exprimant les flux moyennés en phosphore total par unité surfacique sur la période 2011 – 2018, il est possible de caractériser la pression liée à l'assainissement collectif à l'échelle des sous bassins versants. Ainsi, la pression est davantage perçue sur le sous bassin versant du Rateau, le Pont Orioux et la Guinelière (ssBV 12) et du sous bassin versant de Mazerolles Nord - Ruisseau de Saint-Médard (ssBV 21) (Figure 95).

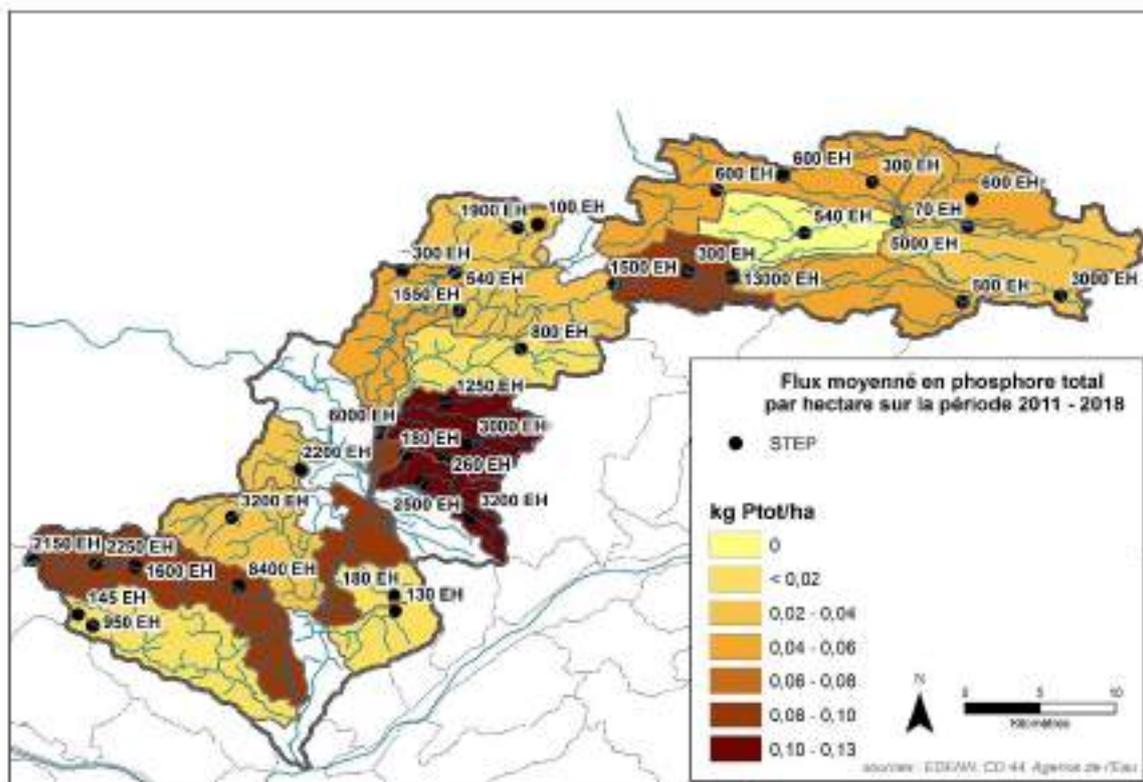


Figure 95 : Flux moyenné en phosphore total par hectare sur la période 2011 – 2018

III.1.3. Estimation des flux en azote global

III.1.3.1. Les flux sur l'année hydrologique à pluviométrie excédentaire

Sur l'année hydrologique 2012 – 2013 à faible pluviométrie, le flux surfacique en azote global est estimé à 0,3 kg/ha, soit un flux global de 28,0 tonnes de NGL (Figure 96).

A l'échelle des sous bassins versants, les flux en azote global varient entre 0,08 et 8 T. La médiane se situe à 0,8 T (

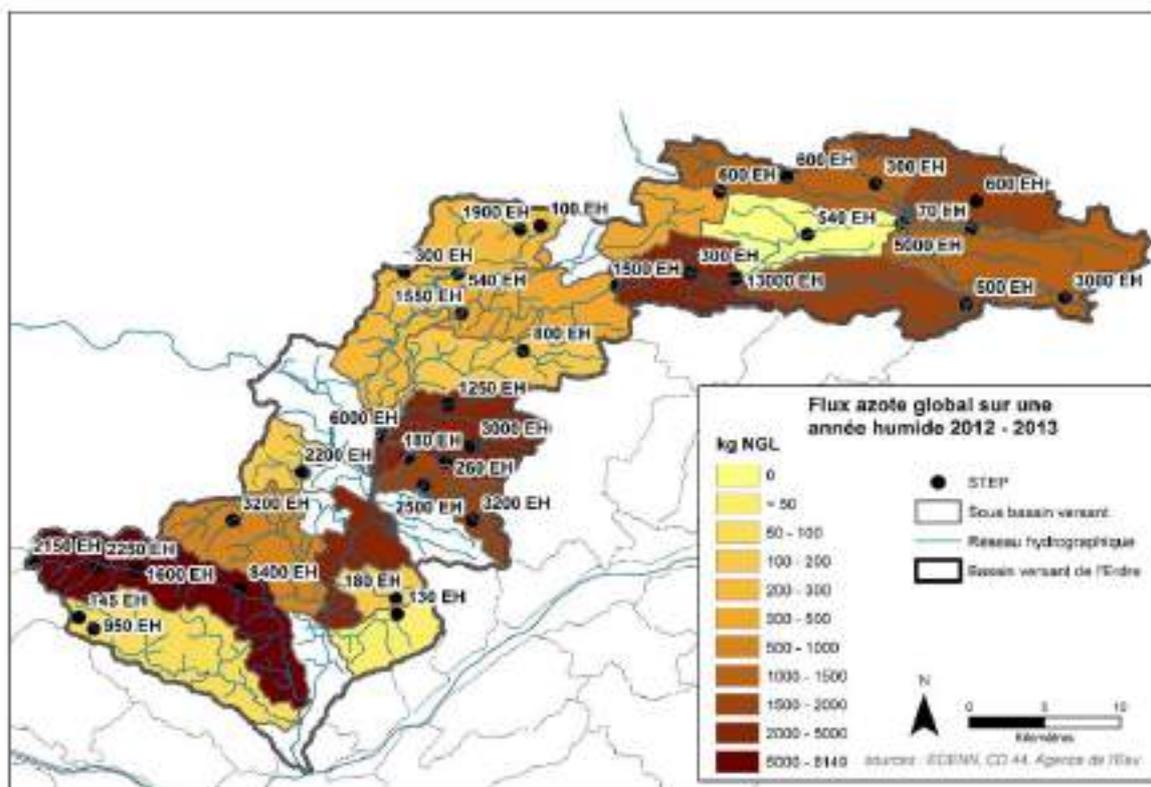


Figure 97).

L'assainissement collectif sur l'unité hydrographique amont contribue à 37 % du flux en azote global à l'échelle du bassin versant de l'Erdre, soit de 11,4 T. Les stations confrontées à des surcharges hydrauliques chroniques (filtres plantés d'Angrie et lagune de La Cornuaille) connaissent des baisses de rendement. Ces filières ne sont pas équipées de système de dénitrification, et produisent en quantité des nitrates (Figure 98).

Avec sa capacité de charge hydraulique importante, la boue activée de Saint-Mars-la-Jaille rejette un flux en azote plus conséquent pour une concentration moyenne du rejet à 10 mg/l NGL.

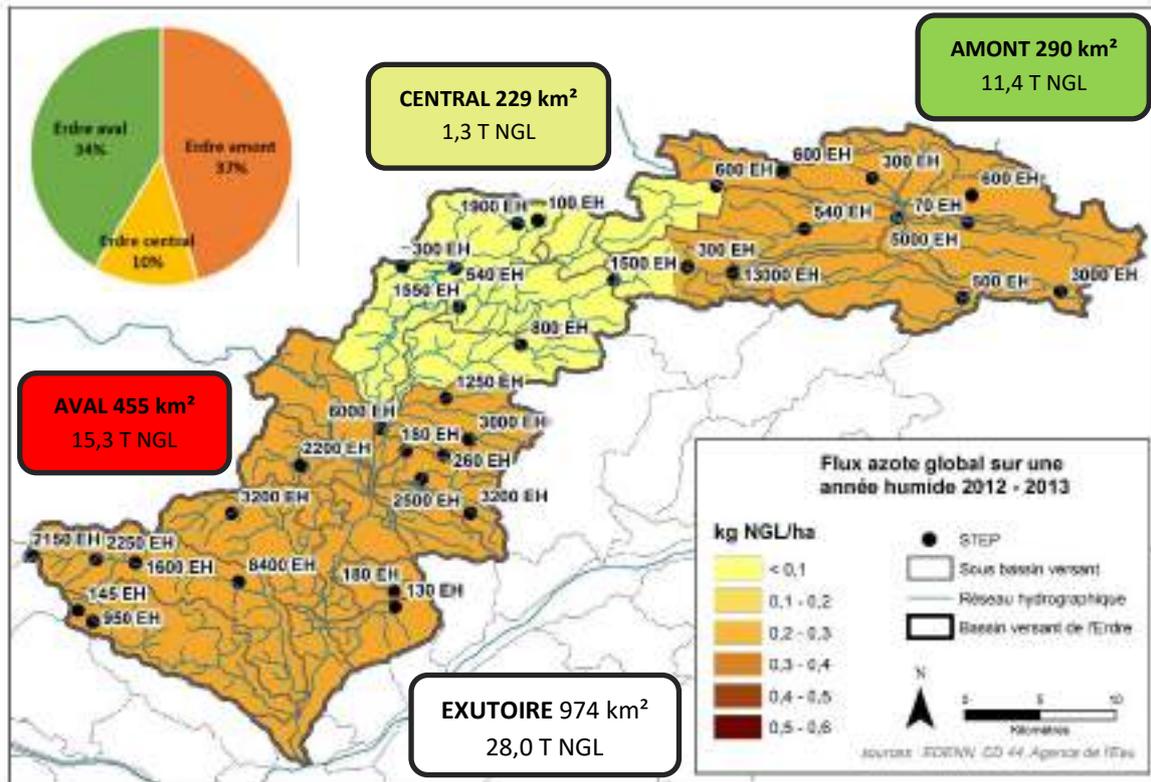


Figure 96 : Flux en azote global sur une année humide à l'échelle des grandes unités hydrographiques

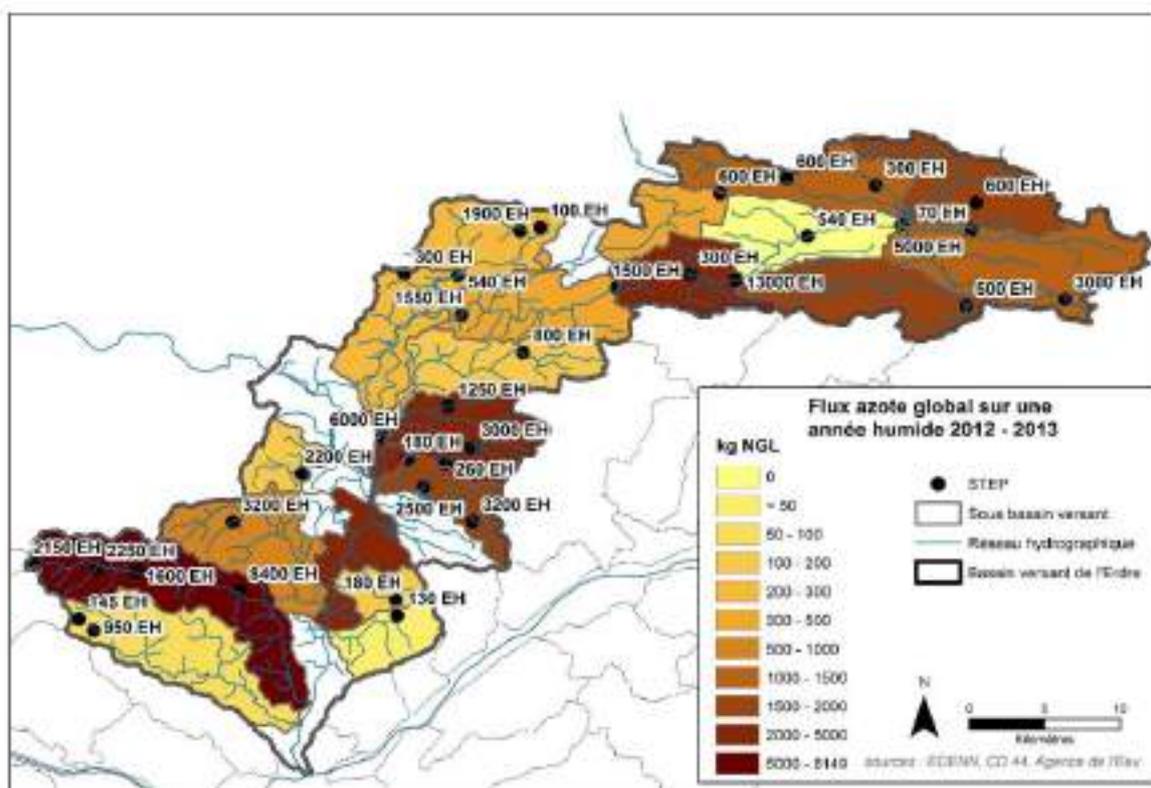


Figure 97 : Flux en azote global sur une année humide à l'échelle des sous bassins versants

A l'échelle de l'unité hydrographique centrale, la pression des stations de traitement en termes de rejets en éléments azotés est faible.

Sur les 17 stations de l'unité hydrographique aval, cinq ont un flux en sortie de traitement supérieur à 1 tonne de NGL sur l'année humide. Cela concerne les sous bassins versants :

- Le Gesvres avec les boues activées de Treillières, de Vigneux de Bretagne et de Temple de Bretagne. Ces stations étant en conditions de surcharge hydraulique, les flux rejetés en azote global sont plus importants, malgré l'absence de dépassement de la norme en concentrations d'azote. La filière de Treillières et Vigneux de Bretagne (0444217S0002) connaissent un dépassement de la norme sur la concentration en azote global des eaux en sortie de traitement.

- Le Rateau, le Pont Orioux et la Guinière avec la lagune des Touches qui connaît une surcharge hydraulique vient perturber le bon fonctionnement de la filière.

- Les annexes de l'Erdre avec la boue activée de Nort-sur-Erdre est sujette à une surcharge hydraulique et organique. Ces conditions viennent perturber le bon fonctionnement de la filière.

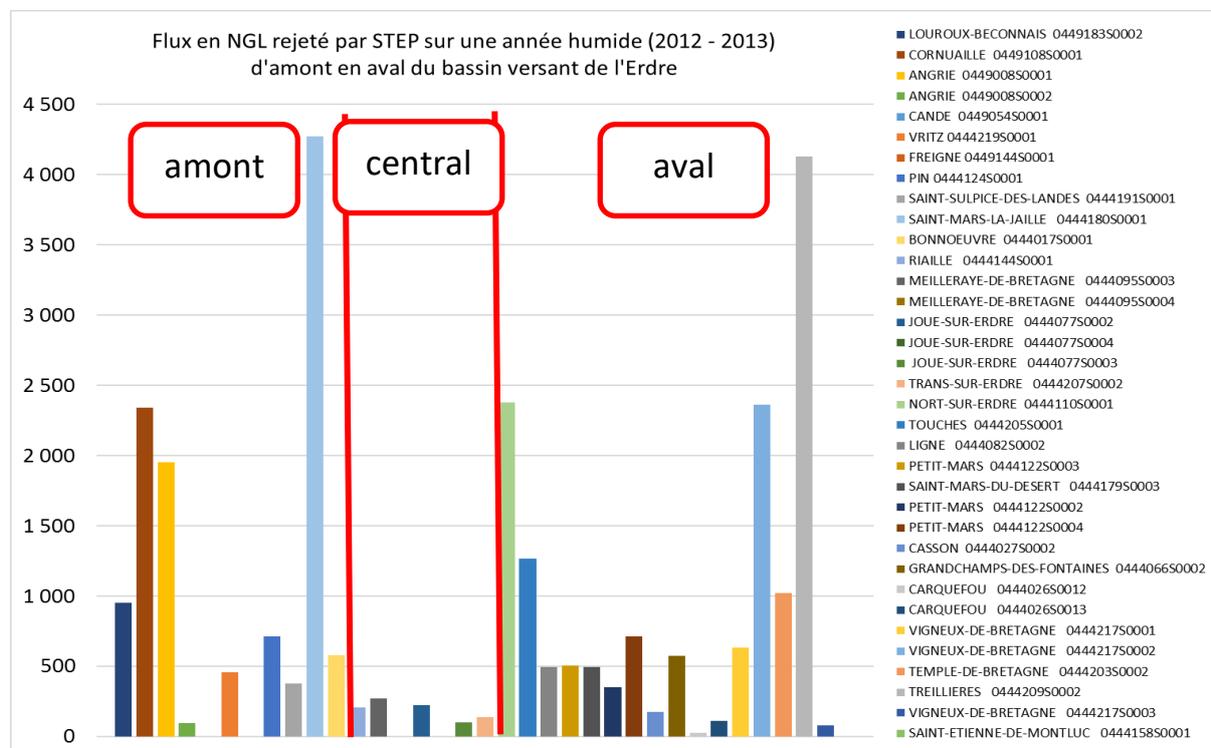


Figure 98: Flux en NGL par STEP sur une année humide

III.1.3.2. Les flux sur l'année hydrologique à pluviométrie modérée

Sur l'année hydrologique 2014 – 2015 à pluviométrie intermédiaire, le flux en azote global à l'exutoire diminue très peu par rapport à l'année humide de référence (2%). Toutefois, les apports sont en progression sur les unités hydrographiques amont (40%) et centrale (15%) (Figure 99).

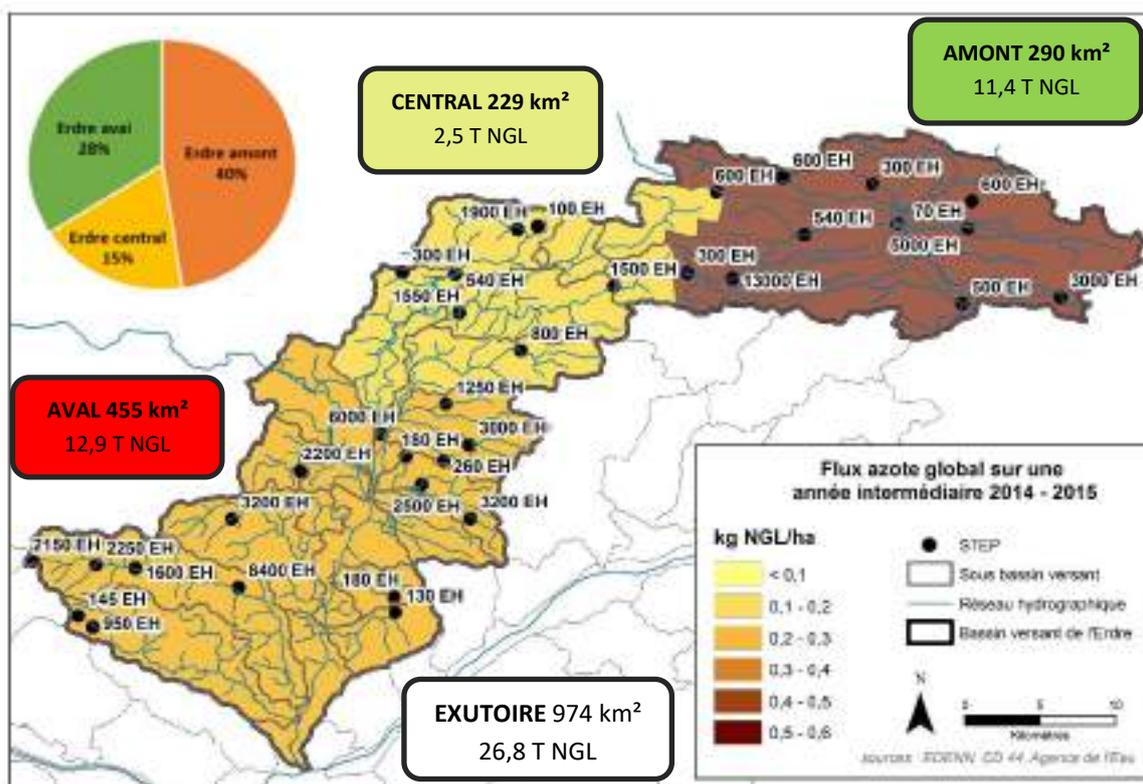


Figure 99: Flux en azote global sur une année à pluviométrie modérée à l'échelle des grandes unités hydrographiques

Sur l'unité hydrographique centrale, la mise en service des STEP à filtre planté de Joué-sur-Erdre et à boues activées de Meilleraye de Bretagne entraîne un apport supplémentaire en azote global. Les augmentations des flux sur les autres stations sont à considérer avec prudence puisqu'elles découlent d'estimation de débits et de concentrations.

A l'échelle de l'unité hydrographique aval, le flux en azote global diminue de 19% entre l'année humide et intermédiaire. Notamment, le sous bassin versant du Gesvres présente une forte diminution des flux.

Le sous bassin versant Le Rateau, le Pont Orioux et la Guinelière connaît une augmentation de la pression liée à l'assainissement collectif. En effet, les concentrations en azote global des eaux en sortie des stations des Touches (lagunage) et de Ligné (boues activées) augmentent,

contrairement aux débits. Ces évolutions sont relatives à une hausse de la charge hydraulique en entrée de ces filières.

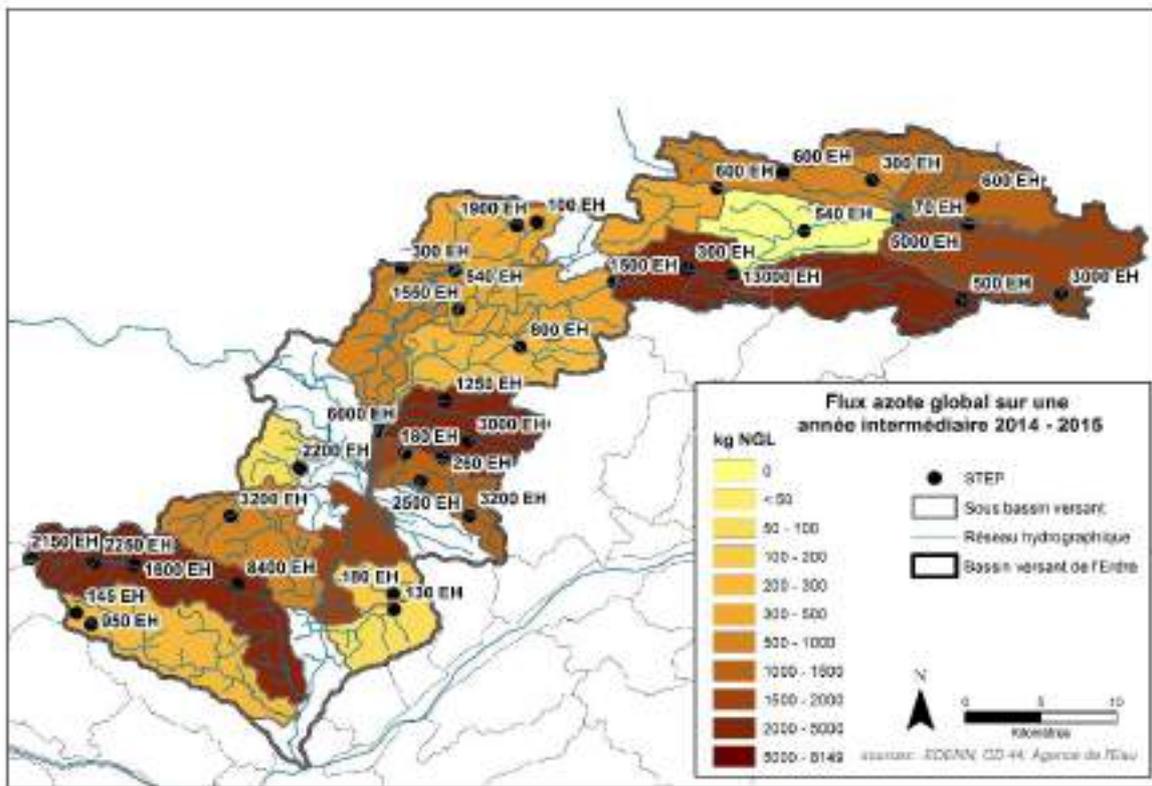


Figure 100 : Flux en azote global sur une année à pluviométrie modérée à l'échelle des sous bassins versants

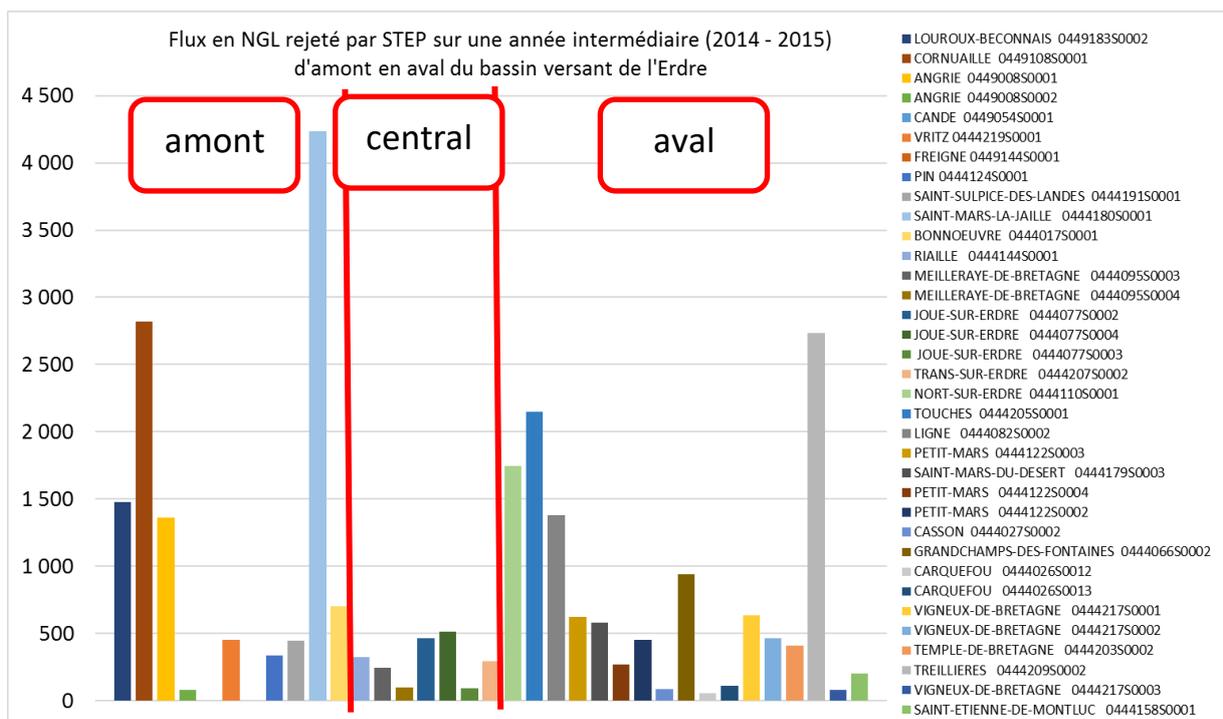


Figure 101 : Flux en NGL par STEP sur une année à pluviométrie modérée

III.1.3.3. Les flux sur l'année hydrologique à pluviométrie déficitaire

Le flux en phosphore total sur l'année hydrologique 2016 – 2017 à pluviométrie déficitaire est en baisse de 16 % par rapport à l'année humide. Le flux surfacique à l'échelle du bassin versant de l'Erdre diminue à 0,2 NGL/ha (Figure 102).

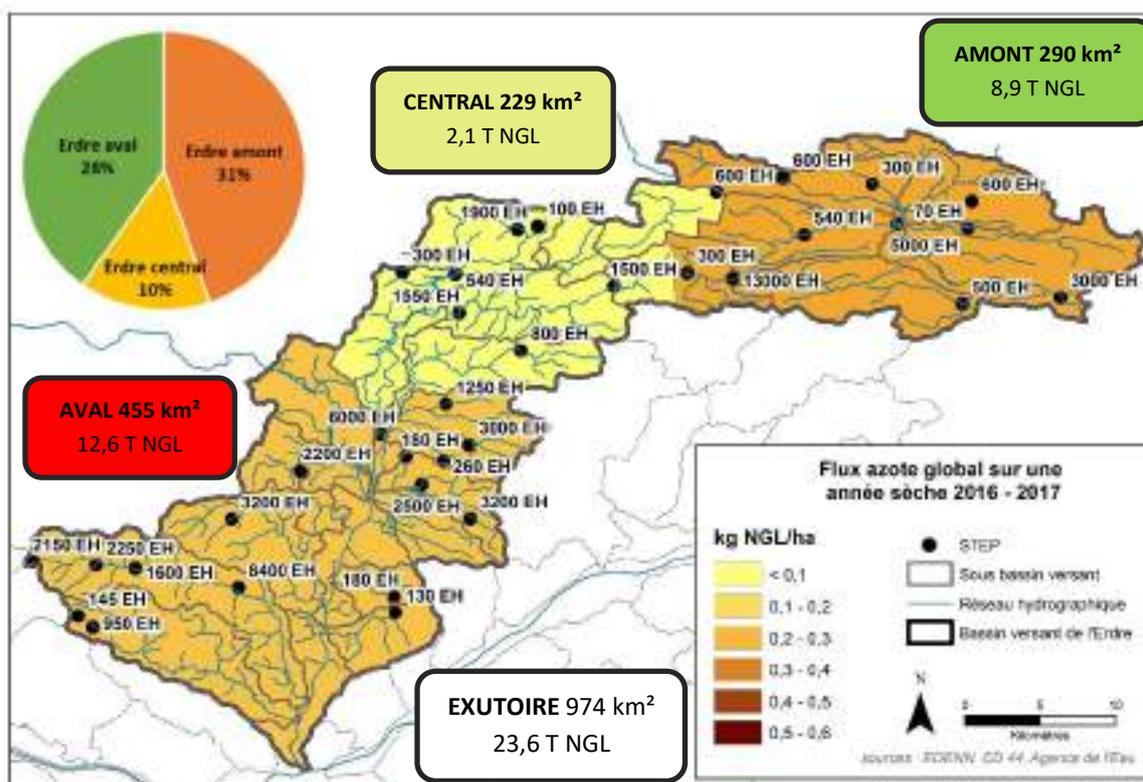


Figure 102: Flux en azote global sur une année sèche à l'échelle des grandes unités hydrographiques

Cette stagnation, voire cette baisse des flux globaux et des flux surfaciques est vérifiée sur l'ensemble des sous bassins versants sur l'année sèche (Figure 103). La contribution de l'assainissement collectif sur les apports en azote à l'échelle des sous bassins versants suit la même signature sur une pluviométrie déficitaire que sur année à pluviométrie modérée.

La croissance des flux en azote global en sortie de station traduit des surcharges hydrauliques chroniques des filières de traitement sur la lagune de La Cornuaille, la lagune des Touches, la boue activée de Grandchamps des Fontaines. La station de Ligné rencontre des surcharges à la fois hydraulique et organique pouvant impacter le rendement épuratoire (Figure 104).

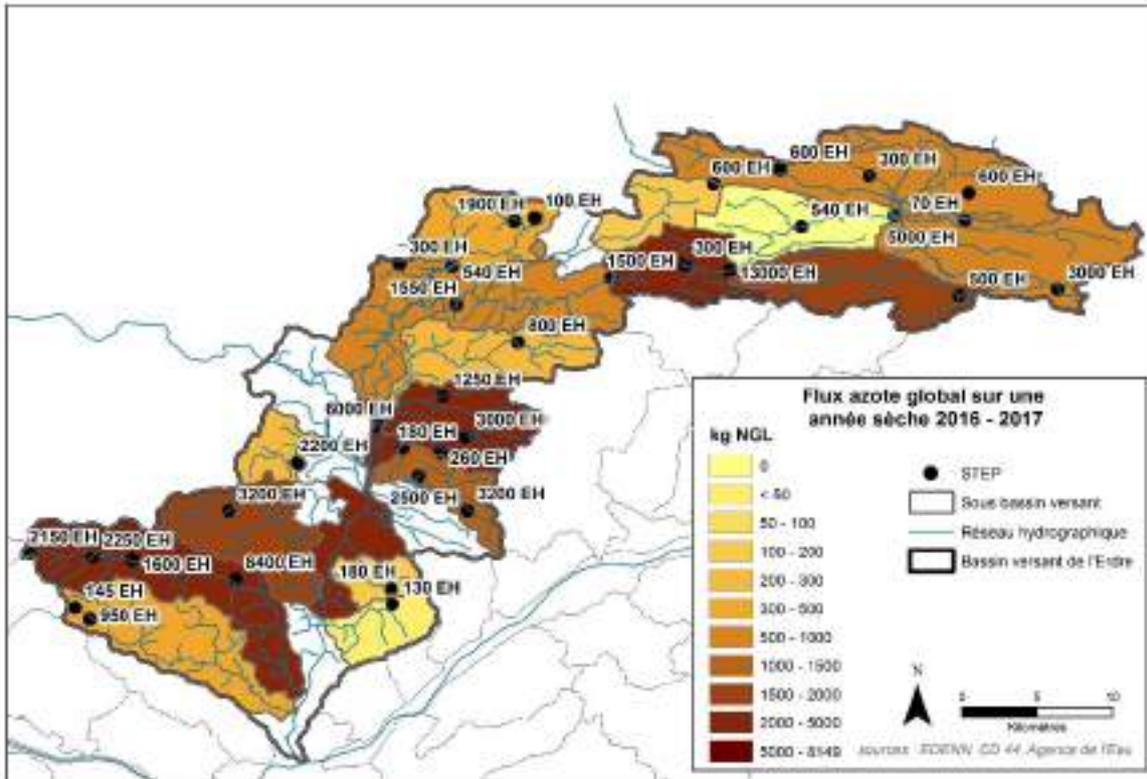


Figure 103: Flux en azote global sur une année sèche à l'échelle des sous bassins versants

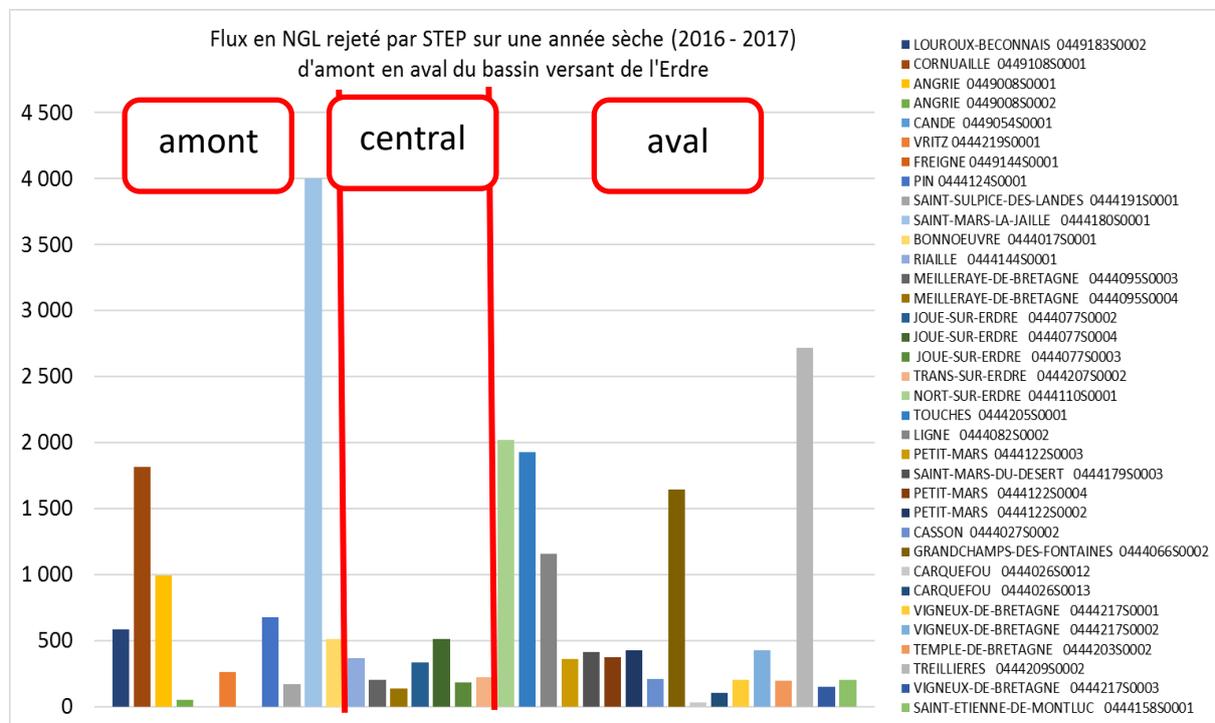


Figure 104: Flux en NGL par STEP sur une année sèche

III.1.3.1. Bilan sur l'estimation des flux en azote global issu de l'assainissement collectif

L'étude interannuelle des flux en azote global issus de l'assainissement collectif démontre qu'entre une année hydrologique à pluviométrie excédentaire et déficitaire, les apports baissent seulement de 16% à l'échelle du bassin versant de l'Erdre (Figure 105).

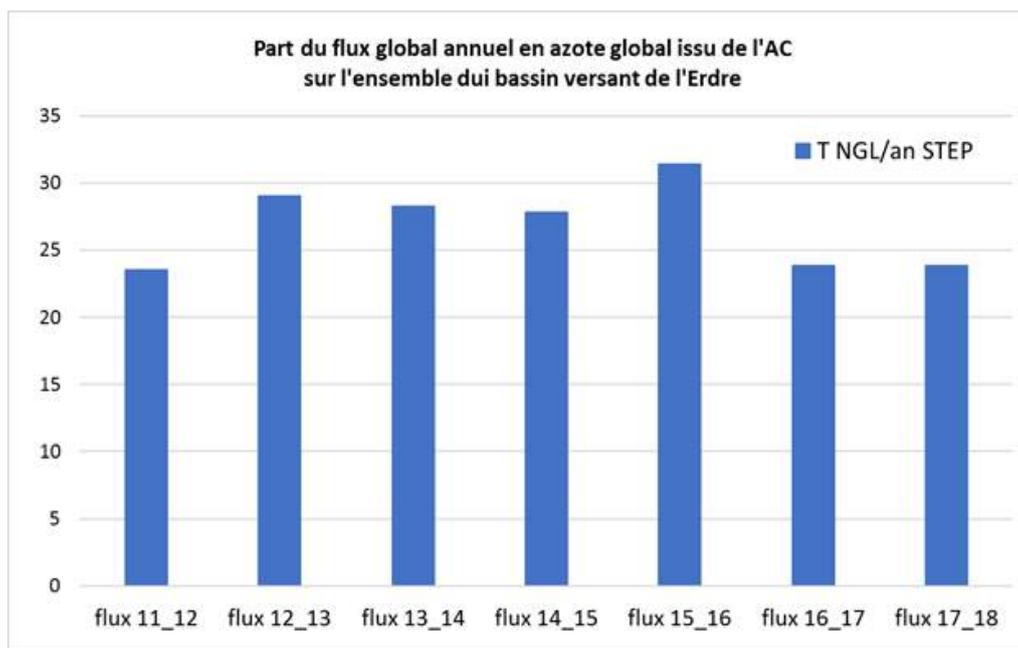


Figure 105 : Flux annuel en azote global issu de l'AC sur le bassin versant de l'Erdre

A l'échelle du bassin versant de l'Erdre, la pression de l'azote global liée à l'assainissement collectif, traduite par un flux moyenné par hectare sur la période 2011 – 2018, est plus importante sur l'unité hydrographique aval (Figure 106).

Un sous bassin versant sur la partie amont du bassin versant se distingue (1,26 kg NGL/ha) ; celui du ruisseau du Mandit à Mortève (ssBV 17). Sur ce sous bassin versant se trouve la plus grande filière de traitement du territoire (13 000 EH) : boues activées de Saint-Mars-La-Jaille. Les débits de rejet importants impactent directement les flux de rejets en azote, même en absence de dépassement des normes de concentrations en azote des rejets.

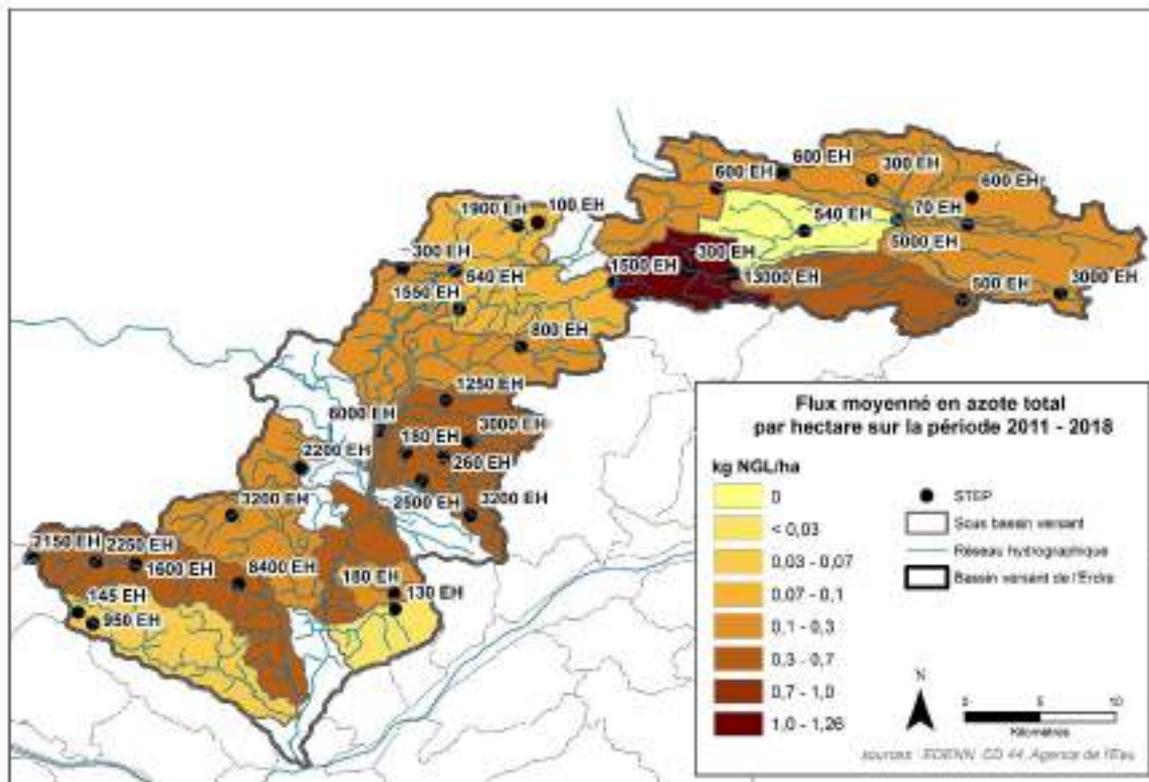


Figure 106: Flux moyenné en azote global par hectare sur la période 2011 – 2018

III.2. Les déversoirs d'orage et postes de refoulement

III.2.1. Le poste général (PRG) des stations

III.2.1.1. Cas d'un dysfonctionnement mécanique

Afin de quantifier le flux pouvant être généré par un débordement de poste général, nous présentons des estimations de flux pour un débordement de 1h, 12h et 24h, pour différents débits déviés directement vers le milieu récepteur (50, 100, 500 et 1000 m³/jour). Dans le cas d'un dysfonctionnement mécanique, nous considérons que 100% des eaux usées arrivant au poste sont déversées au milieu.

L'estimation du flux en éléments phosphorés et azotés est fonction du volume déversé par les trop-pleins. Cette estimation se base également sur deux hypothèses de concentrations des eaux brutes domestiques :

- 10 mg de P/l
- 60 mg de NH⁴⁺/l

Sur une période continue de 24h, le flux brut en phosphore et en azote ammoniacal équivaut au double du flux en sortie de lagune et filtres. Pour les boues activées, l'équivalence correspond à un facteur 10 (Tableau 21).

Tableau 21 : Estimation du flux en phosphore et en ammoniacque théorique rejeté par un PRG en fonction d'un volume théorique journalier et de la durée du déversement.

	1h		12h		24h	
	Volume (m3)	Flux (kg)	Volume (m3)	Flux (kg)	Volume (m3)	Flux (kg)
P = 10 mg/l dans eaux brutes	2,08	0,0208	25	0,25	50	0,5
	4,16	0,0416	50	0,5	100	1
	20,83	0,2083	250	2,5	500	5
	41,66	0,4166	500	5	1000	10
NH ₄ = 60 mg/l dans eaux brutes	2,08	0,1248	25	1,5	50	3
	4,16	0,2496	50	3	100	6
	20,83	1,2498	250	15	500	30
	41,66	2,4996	500	30	1000	60

A partir des volumes déversés directement dans le milieu récepteur par les trop-pleins renseignés, il est possible d'estimer les flux bruts annuels en éléments phosphorés et azotés ammoniacal (NH₄) lors d'un dysfonctionnement mécanique de l'ensemble des postes généraux (100% des eaux usées arrivant au poste sont déversées au milieu) (Tableau 22).

Tableau 22 : Estimation du flux annuel en phosphore et en ammoniacque rejeté par le PRG des STEP, sur la base des volumes de déversement recensés

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Volume rejeté en eaux brutes (m ³)	4327	8035	12504	3479	17520	10164	9639
Flux en phosphore rejeté (kg/an)	43,27	80,35	125	34,79	175,2	101,6	96,39
Flux en NH ₄ rejeté (kg/an)	259,6	482,1	750,2	208,7	1051	609,8	578,3

Ces chiffres montrent que les dysfonctionnements de poste sur une année représentent un flux brut en phosphore équivalent de 1 à 4% du flux cumulé de sortie de l'ensemble des stations d'épuration, si l'on considère que 100% des eaux usées brutes sont déviées par le poste général.

Le poste général des stations est généralement plus suivi et entretenu que les autres postes du réseau. Leur télésurveillance et la réactivité des gestionnaires permettent limiter la durée de déversement (délai de l'intervention, de la réparation) alors que l'entretien régulier permet de diminuer la fréquence de déversement (nettoyage régulier des graisses et vidange régulière des paniers/dégrilleurs).

III.2.1.2. Cas d'une surcharge hydraulique

Dans le cas d'un débordement de poste général lié à la présence d'eaux parasites, une partie de l'effluent est bien transférée vers la filière de traitement alors que l'autre partie est déversée au milieu. Le flux rejeté dépend donc de la part d'eaux parasites dans l'effluent entrant, et donc du taux de dilution de l'effluent brut.

Pour calculer le flux déversé en tête de station (Tableau 23), les données d'autosurveillance utilisées sont les :

- Volumes moyens journaliers en entrée de station (point réglementaire A3)
- Volumes moyens journaliers des déversoirs en tête de station (point réglementaire A2)

Tableau 23 : Estimation de la part en eau parasite sur une station telle que Ligné sur l'année 2018

Station Ligné 2018	Entrée de station (A3)		En tête de station (A2)		Débit réel reçu (m ³ /j)	Débit entrée : basse eau / année sèche (m ³ /j)	Part eau parasite reçue (%)
	Volume	m ³ /j	Volume	m ³ /j			
janv	34081	1099	0	0	1099	328	70
fév	26033	930	139	5	935	328	65
mars	29902	965	188	6	971	328	66
avril	26621	887	0	0	887	328	63
mai	15554	502	0	0	502	328	35
juin	19362	645	372	12	658	328	50
juil	14736	475	207	7	482	328	32
aout	10176	328	0	0	328	328	0
sept	11540	385	0	0	385	328	15
oct	15151	489	0	0	489	328	33
nov	20965	699	62	2	701	328	53
dec	38980	1257	870	28	1285	328	74

Un volume journalier moyen de basses eaux et d'année sèche (ici 2018) a été défini. Il correspond au volume d'entrée en l'absence d'eau parasite. La comparaison de ce volume de

basses eaux avec le volume réellement mesuré permet de définir la part d'eaux parasites dans l'effluent reçu à la station.

En 2018, la part d'eaux parasites dans l'effluent reçue à la station de Ligné atteint jusqu'à 60 à 75%, en période hivernale. Le flux brut réellement déversé représente 30% du flux global. Sur une année, cette part est estimée à environ 50%. En 2018, le flux en phosphore et NH_4^+ qui a été rejeté dans le milieu récepteur est respectivement de 48 et 289 kg. Les débordements de PRG sont minimisés par rapport aux rejets en sortie de traitement.

III.2.2. Les autres postes de refoulement du réseau

A partir des bases de dimensionnement des postes de refoulement (débit de pointe horaire en fonction du nombre d'Equivalents Habitants raccordés), nous présentons une estimation du flux **maximal** pour un débordement (Tableau 24) afin de souligner l'impact potentiel ponctuel d'un tel ouvrage, s'il dysfonctionne.

Tableau 24 : Flux en phosphore et ammoniacque maximal rejeté par un poste de refoulement pour un déversement de 1, 2 et 24h, sur la base de 10 mg de P/l et 60 mg de NH_4^+ /l

Débit de pointe (capacité des pompes) en m^3/h	Charge correspondante (dans le cadre des dimensionnement)	1 h		2 h		24 h	
		kg P	kg NH_4^+	kg P	kg NH_4^+	kg P	kg NH_4^+
4	200 EH	0,04	0,24	0,08	0,48	0,96	5,76
7	400 EH	0,07	0,42	0,14	0,84	1,68	10,08
35	2 000 EH	0,35	2,1	0,7	4,2	8,4	50,4
130	10 000 EH	1,3	7,8	2,6	15,6	31,2	187,2

Pour une pompe de 35 m^3/h pendant 24h, le flux en phosphore est estimé à 8,4 kg/jour, contre 11 kg/jour pour les rejets de l'ensemble des stations d'épuration. Les flux potentiellement rejetés en phosphore par un PR 35 m^3/h , seraient équivalents aux flux rejetés par l'ensemble des stations d'épuration !

En revanche, la contribution des PR aux flux en azote relative à celle des rejets en sortie de station est plus faible. Pour une pompe de 35 m^3/h pendant 24h, le flux en NH_4^+ est estimé à 50 kgN/jour, contre 75 kgN/jour pour les rejets de l'ensemble des stations d'épuration.

N'ayant pas connaissance des caractéristiques de chaque poste de relèvement, ni des volumes déversés sur la période d'étude, les flux en phosphore et azote réellement rejetés dans le milieu ne peuvent être estimés.

IV. La source liée à l'assainissement non collectif

IV.1. Estimation des flux de phosphore à l'échelle de l'Erdre

Un calcul de flux de phosphore lié à l'ANC est réalisé selon la hiérarchisation spatiale obtenue. Deux hypothèses de travail sont nécessaires à l'établissement de ce calcul de flux :

- 2,5 personnes/ANC (Insee 2015 pour les communes du bassin versant)
- 2,1 g de P/EH₆₀ produit par jour (*Cemagref 2009)

* Dans son document de synthèse bibliographique sur l'état des eaux usées (2009), le Cemagref a rapporté des données de charges spécifiques moyennes calculées à partir des données d'autosurveillance de l'année 2007 pour 247 stations.

Le flux de phosphore produit par chaque ANC est ensuite pondéré par un taux d'abattement : plus l'ANC est proche du cours d'eau, et plus ce taux est faible.

Ainsi le flux de Phosphore potentiellement rejeté par les ANC à l'échelle du bassin versant de l'Erdre s'établirait à **1,8 T de P/an** selon les hypothèses de travail précitées. Ce flux représente une population estimée à environ **24 007 personnes (9 603 ANC)** (Tableau 25).

Tableau 25 : Flux en phosphore lié à l'ANC obtenu d'après notre méthodologie de classification

	ANC < 30 m ANC risque élevé	ANC : 30 à 100 m ANC risque	ANC > 100 m ANC risque faible
Total ANC : 9603	160	1437	8006
Flux P en sortie direct (T de P/an)	0,31	2,75	15,34
Taux d'abattement	30%	70%	95%
Flux en P après abattement (T de P/an)	0,21	0,83	0,77
Flux total sortant (T de P/an)	1,81		

A l'échelle des unités hydrographiques, la pression en phosphore liée à l'ANC est plus importante sur la partie aval (1,53 T/an), soit 85% du flux global (Figure 107).

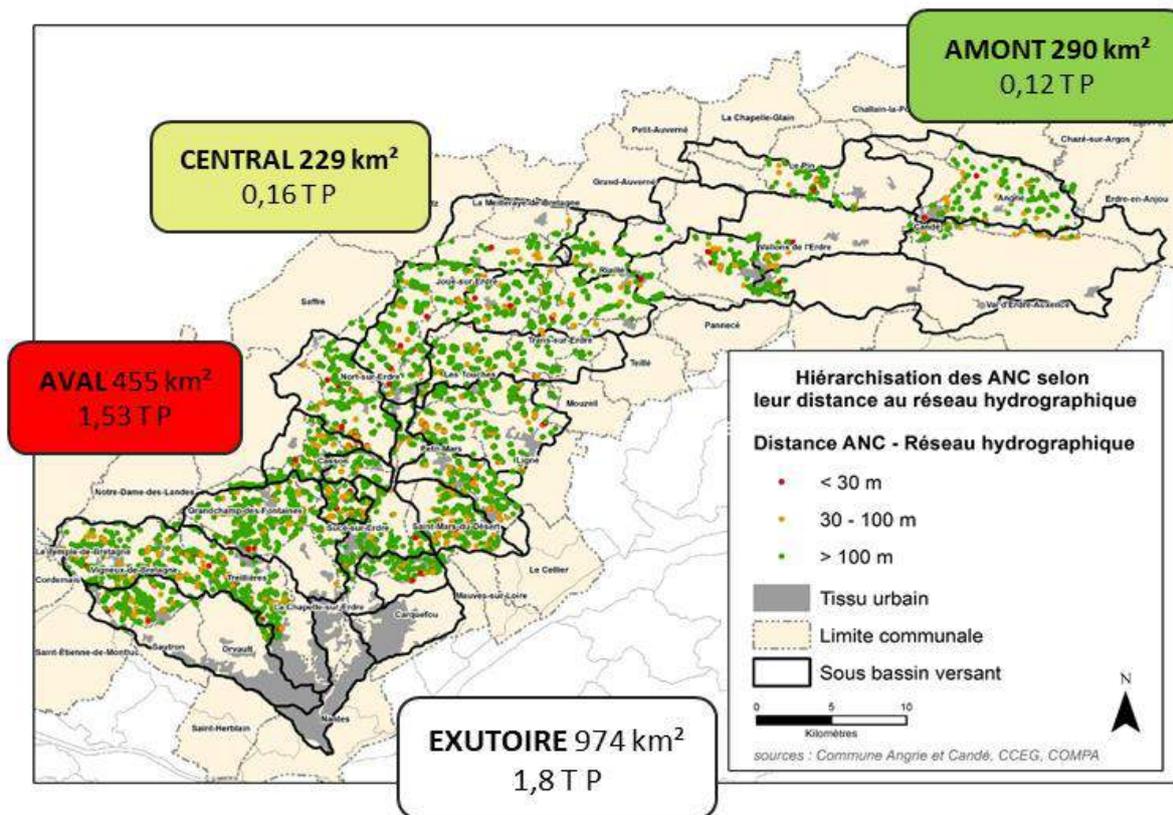


Figure 107 : Flux en phosphore lié à l'ANC à l'échelle des unités hydrographiques

En comparaison, rappelons que le flux (réel) de phosphore rejeté par l'ensemble du parc d'assainissement collectif s'élève à 4,25 T de Ptotal/an sur le bassin versant de l'Erdre. La contribution maximale des ANC sur les apports en azote et phosphore sera mineure par rapport aux STEP.

Toutefois, la comparaison reste délicate. Le flux de phosphore lié à l'ANC n'est pas relié aux conditions climatiques saisonnières : la méthodologie employée implique une vision pessimiste où tous les ANC auraient un rejet journalier, certes pondéré selon la distance entre la fosse et le réseau hydrographique.

Le flux ainsi obtenu, qualifiable de valeur maximale rend possible d'établir la part de cette source vis-à-vis du flux total de phosphore véhiculé sur le bassin versant de l'Erdre.

Il faut bien garder à l'esprit, le contrôle du contexte hydrologique sur la génération des flux de phosphore et leurs transferts au cours d'eau. La caractérisation de la source liée à l'ANC doit combiner les deux types d'approches, flux et concentration. La période de basses eaux, peu propice aux ruissellements, générera peu de flux ; néanmoins l'impact sur le réseau hydrographique ne sera pas négligeable, en concentration. Ce sont les résultats du suivi complémentaire (approche concentration), détaillés dans la dernière étape, qui illustrent

concrètement l'impact de cet ensemble de sources ponctuelles, non localisées à l'échelle du bassin versant sous les conditions d'étiage prolongées.

IV.2. Estimation des flux en azote à l'échelle de l'Erdre

Un calcul de flux de l'azote ammoniacal lié à l'ANC est réalisé selon la même hiérarchisation obtenue. Deux hypothèses de travail sont nécessaires à l'établissement de ce calcul de flux :

- 2,5 personnes/ANC (Insee 2013 pour les communes du bassin versant)
- 7 g de NH_4^+ /habitants produit par jour

Ainsi le flux d'azote ammoniacal potentiellement rejeté par les ANC à l'échelle du bassin versant de l'Erdre s'établit à **6,0 T de NH_4 /an** selon les hypothèses de travail précitées. Ce flux représente une population estimée à environ **24 007 personnes (9 603 ANC)** (Tableau 26).

Tableau 26 : Flux en NH_4 lié à l'ANC obtenu d'après notre méthodologie de classification

BV ERDRE	ANC < 30 m ANC risque élevé	ANC : 30 à 100 m ANC risque moyen	ANC > 100 m ANC risque faible
Total ANC : 9603	160	1437	8006
Flux en T NH_4 /an en sortie direct	1,02	9,18	51,14
Taux d'abattement	30%	70%	95%
Flux en T NH_4 /an après abattement	0,72	2,75	2,56
Flux total sortant (T NH_4/an)	6,03		

A l'échelle des unités hydrographiques, la pression en azote ammoniacal liée à l'ANC est plus importante sur la partie aval (5,11 T/an), soit 85% du flux global (Figure 108).

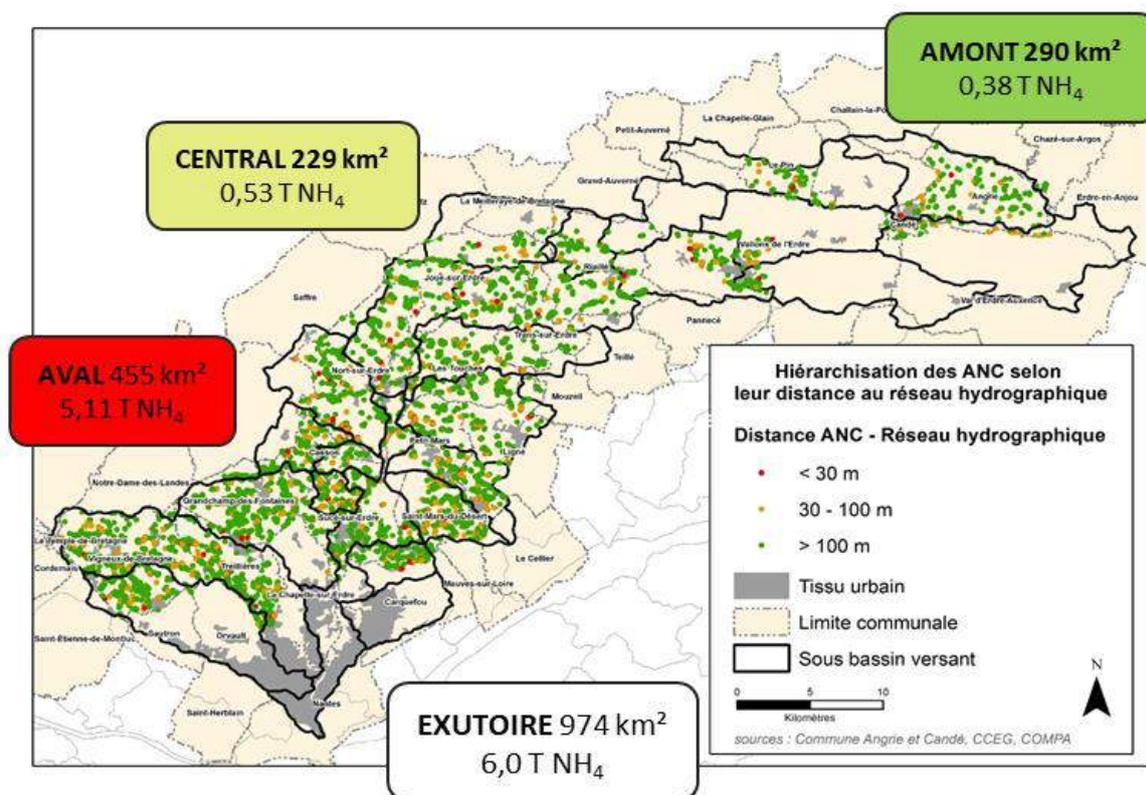


Figure 108: Flux en azote ammoniacal lié à l'ANC à l'échelle des unités hydrographiques

IV.3. Les rejets liés à l'activité industrielle

La redevance de pollution industrielle définie par l'Agence de l'eau, prend en compte les rejets annuels polluants au milieu naturel intégrant la part d'épuration de ces rejets dans les stations d'épuration urbaines pour les industriels raccordés aux réseaux d'assainissement collectif (Tableau 27).

La pollution est caractérisée par les éléments constitutifs classiques tels que le phosphore et les nitrates auxquels est ajouté la chaleur qui impactera essentiellement les rejets des centrales thermiques.

L'établissement qui déclare son activité paie sa redevance à l'agence de l'eau. Les taux sont fonction de chaque élément constitutif de la pollution et des zones de modulation.

Le tableau ci-dessous comptabilise les sites industriels étant soumis à cette redevance pollution. Sur les 65 industriels recensés, sur le bassin versant de l'Erdre, ayant une activité potentiellement impactante en termes de rejets en phosphore et nitrates, seuls 18 (28%) sont soumis à une redevance pollution auprès de l'Agence de l'eau (recensés dans la base de données).

Tableau 27 : Industriels recensés dans la base de données « redevance pollution » de l'Agence de l'eau Loire-Bretagne sur le bassin versant de l'Erdre

Communes	Nombre filières recensées (SIRENE)	Recensement agence de l'eau (redevance pollution)	
		Partiellement raccordé STEP	Non raccordé STEP
CARQUEFOU	10	5	1
CASSON	1	0	0
GRANDCHAMPS-DES-FONTAINES	3	0	1
LA CHAPELLE SUR ERDRE	3	0	0
NANTES	20	5	1
NORT SUR ERDRE	1	0	0
ORVAULT	6	0	0
PETIT MARS	1	0	0
SAUTRON	1	0	0
ST MARS DU DESERT	3	0	1
TREILLIERES	1	0	0
VAL-D'ERDRE-AUXENCE (Louroux-Beconnais)	1	0	1
VALLONS DE L ERDRE (Saint-Mars-la-Jaille)	5	0	0
VIGNEUX DE BRETAGNE	5	0	1
LIGNE	1	1	0
SAINT MARS LA JAILLE	3	1	0
Total général	65	12	6

Leurs rejets sont soit ; dirigés en partie vers une station de traitement des eaux usées communale ; ou bien amenés vers un système de traitement des effluents implanté sur le site industriel.

Les entreprises situées à Carquefou, Orvault, Sautron, la Chapelle-sur-Erdre et Nantes sont raccordées à la station d'épuration de Tougas (Nantes Métropole). Leurs effluents traités sont donc rejetés en Loire.

L'évaluation des apports exclusivement urbains ou industriels restent complexes au vu d'une adjonction des rejets industriels aux rejets domestiques. Pour exemple, la station de Saint-Mars-la-Jaille qui présente une capacité nominale de 13 080 EH traite les eaux de plusieurs industriels agroalimentaires et d'activités diverses. Une deuxième station de traitement des eaux usées non référencée dans la base de données des stations urbaines est présente dans la zone d'activité de cette même commune. Les entreprises n'étant pas raccordées à la STEU communale enverraient potentiellement leurs eaux usées de leur activité en direction de cette filière de traitement industrielle.

L'agence de l'eau Loire-Bretagne, qui recense les effluents des industriels, soumis à la redevance pollution (18, soit 28%) sur le bassin versant de l'Erdre, a estimé le rejet vers le milieu superficiel respectivement inférieur à 200 kg de phosphore et 5500 kg d'azote sur l'année 2017. La pollution évitée en raccordant les industriels (sur les 18 recensés) aux stations

communales est estimée par l'Agence de l'eau à 918 kg de phosphore et 8 200 kg d'azote sur l'année 2017.

La contribution des industriels en termes de rejet direct vers le milieu superficiel semble faible au vu de l'assainissement collectif sur une année. Toutefois, les volumes d'eaux usées industrielles redirigées vers les stations d'épuration communale ne sont pas renseignés. Il est donc difficile d'évaluer la contribution réelle des rejets industriels sur les apports en phosphore et nitrates.

V. Synthèse sur les rejets liés à l'assainissement collectif et non-collectif

V.1. L'état du parc d'assainissement collectif

Le parc d'assainissement comptabilise 35 filières de traitement dont la moitié concerne des boues activées et un quart de lagunages. Le parc a une capacité nominale de 68 762 EH, pour une population raccordée de 48 000 habitants. L'ensemble des boues activées ont une filière de déphosphatation et de dénitrification.

Le taux de raccordement à un système d'assainissement collectif est hétérogène à l'échelle du bassin versant. Ce taux évolue de 40% à 90% entre les communes. A l'échelle du bassin versant, le taux de raccordement s'élève à 60%.

Les résultats du suivi de performance épuratoire concluent à un bon fonctionnement des STEP. Toutefois, certaine filière de traitement présente plus ou moins une sensibilité aux variations de rendement épuratoire, en fonction des conditions climatiques.

Les stations d'épuration devraient théoriquement recevoir une quantité d'effluents relativement stable au cours de l'année (hors stations de commune touristiques). Or des augmentations importantes de volume entrant et de volume rejeté sont observées sur de nombreuses stations en année humide.

L'exemple suivant illustre l'impact d'un dysfonctionnement du réseau d'amenée dans un contexte où la station d'épuration fonctionne parfaitement.

En année sèche, une station d'épuration ayant un rendement épuratoire satisfaisant, aura un rejet qui ne dépassera pas la norme en concentration (dans le cas d'une boue activée, c'est 1 mg P/L), malgré une charge organique des effluents bruts plus élevée que la normale (exemple 10 mg P/l). Pour un débit de 1000 m³/jour, le débit sera de 1000 g/jour (Tableau 28).

Tableau 28 : Cas de figure sur l'influence des conditions hydrologiques sur les flux des STEP

EXEMPLE	ANNEE SECHE	ANNEE HUMIDE
[P] effluent brut	10 mgP/L	2 mg P/L (dilué)
[P] après traitement	1 mg P/L	1mg P/L
Q : Débit rejeté	1000 m ³ /jour	5000 m ³ /jour
FLUX = [P] x Q	1000 g/jour	5000 g/jour

Sur cette même station en année pluviométrique excédentaire, lors d'épisodes pluvieux hivernaux, les effluents traités seraient 5 fois moins concentrés en raison des intrusions des eaux pluviales parasites. Mais, l'apport de ces eaux se répercuterait sur le débit rejeté, qui sera 5 fois plus élevé (en volume). Le flux rejeté en sortie de station se verra alors multiplier par 5, malgré le respect de la norme en concentration de rejet (1 mg/L).

Ce cas de figure, en période humide, se vérifie sur les stations de traitement de Temple de Bretagne, Grandchamps-des-Fontaines, des Touches, de Saint-Mars-la-Jaille, de Ligné, de Nort-sur-Erdre et d'Angrie. Elles rencontraient jusqu'en 2018 des surcharges hydrauliques récurrentes.

La STEP de La Cornuaille est notamment toujours reliée à un réseau mixte. Cette surcharge hydraulique a été accentuée sur l'année humide de 2012 – 2013, voir 2014.

Les stations de Nort-sur-Erdre (avant mise en conformité en 2018), Bonnœuvre et Vritz connaissent des surcharges organiques. La station de Ligné rencontre des surcharges à la fois hydraulique et organique pouvant impacter le rendement épuratoire.

Sur des années les moins pluvieuses, les fluctuations des apports des STEP sont liées à des dysfonctionnements ponctuels, des dépassements ponctuels de la norme de la concentration du rejet ou bien à des surcharges organiques (STEP Nort-sur-Erdre).

Une mise en conformité de 7 stations a été réalisée depuis 2007 afin d'améliorer le traitement épuratoire.

Des projets d'améliorations continuent de voir le jour, comme sur la station de Nort-sur-Erdre en 2017. Le parc est en perpétuel renouvellement et donc les résultats notables sont attendus sur les autocontrôles 2019.

V.2. L'état du parc d'assainissement non collectif

Le raccordement à un système de traitement autonome (ANC) concerne 12 390 habitations, soit une estimation de 31 414 habitants. L'estimation des flux en phosphore et azote ammoniacal s'est basée sur le nombre d'ANC recensés par les communautés de communes : 11 080 ANC, soit 27 700 habitants.

Les installations individuelles de traitement des eaux usées fonctionnent dans des conditions d'efficacité variable. Leur flux restitué au milieu naturel directement est estimé à 5,25 g de phosphore et 17,5 g de NH₄⁺ par ANC et par jour.

V.3. Le poids de l'assainissement sur les apports en phosphore et azote

V.3.1. Bilan des apports annuels en phosphore

Le tableau suivant résume les flux estimés des différentes sources de phosphore (assainissement collectif et non collectif) à l'échelle des unités hydrographiques sur la période 2011 à 2018 (Tableau 29). La contribution des installations de traitement collectives en rejet d'éléments phosphorés a été estimée grâce aux mesures de concentrations en phosphore total et les débits de rejets en sortie des STEP. Ces données ont été fournies par le CD44 et de l'Agence de l'eau.

Tableau 29 : Bilan des flux en phosphore lié à l'assainissement collectif et non collectif

Flux phosphore (T/an)	BV amont		BV central		BV aval		BV ERDRE		Flux total P/an lié à l'assainissement
	AC	ANC	AC	ANC	AC	ANC	AC	ANC	
2011-2012	1,1	0,12	0,4	0,16	2,0	1,53	3,9	1,8	5,7
2012-2013	1,2	0,12	0,7	0,16	3,4	1,53	5,3	1,8	7,2
2013-2014	1,3	0,12	0,9	0,16	2,1	1,53	4,3	1,8	6,1
2014-2015	1,6	0,12	1,0	0,16	2,0	1,53	4,6	1,8	6,5
2015-2016	1,6	0,12	0,7	0,16	2,2	1,53	4,5	1,8	6,3
2016 - 2017	1,0	0,12	0,5	0,16	1,7	1,53	3,2	1,8	5,0
2017 - 2018	1,2	0,12	0,6	0,16	2,3	1,53	4,1	1,8	5,9

Le flux de STEP évolue entre 3,2 en période sèche et 5,3 T de Ptotal /an sur une année humide pour une équivalence habitants de 48 000 habitants.

Le flux de phosphore rejeté par l'AC est faible au regard du flux véhiculé dans l'Erdre. Les rejets des stations de traitement n'ont pas de contribution dominante sur les apports en phosphore total à l'échelle du bassin versant. Leur part est de 26% en moyenne dans ce flux global véhiculé par l'Erdre, et ne dépasse pas les 50% (année sèche) (Figure 109).

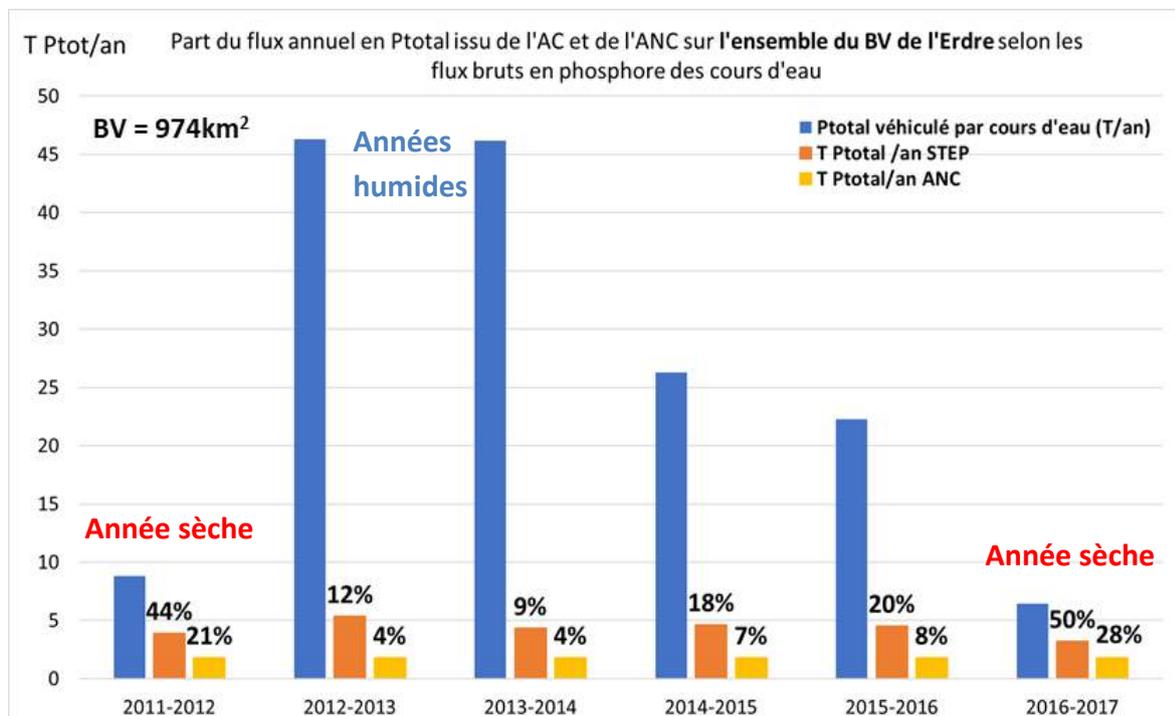


Figure 109: Part du flux annuel en Ptotal issu de l'AC et de l'ANC sur l'ensemble du bassin versant selon les flux bruts des cours d'eau

Faute de données SPANC homogène, l'impact potentiel des installations d'assainissement autonomes dispersées sur le bassin versant de l'Erdre a été évalué grâce à des hypothèses de travail et à une méthodologie basée sur le risque de transfert de phosphore et non sur la qualité de l'outil d'épuration. Le flux de phosphore lié à l'ANC s'est révélé être faible, malgré une vision "pessimiste", qui considère que tous les ANC ont un rejet potentiel. La contribution des ANC est de l'ordre de 1,8 T de P/an. Le poids de l'ANC sur les flux transitant dans la rivière varie entre 4% en année humide et 28% sur une année sèche.

La contribution de l'AC et de l'ANC sur les flux globaux de l'Erdre est inférieure à 20% sur une année humide (13% à 16%). En revanche, les fuites des versants en phosphore particulière deviennent majoritaires (potentiel phénomène d'érosion des sols) lors d'hivers humides (85% des flux globaux).

En année sèche, le ruissellement de surface est moins important. Les rejets de l'AC et de l'ANC peuvent alors représenter 75% de ce flux.

Bien que le bassin versant de l'Erdre soit qualifié de rural, d'autres types de rejets peuvent contribuer aux 85% de flux en phosphore transitant dans les réseaux hydrographiques.

Le flux véhiculé en amont représente 60% à 80% du flux global. Ainsi, l'Erdre amont, par son caractère rural, contribue davantage aux apports diffus liés au ruissellement de sols par rapport à l'assainissement. Le bassin versant aval présente une pression plus élevée en phosphore liée à l'assainissement et un contexte urbain dominant. Le taux de contribution de l'assainissement est plus élevé sur les flux transitant sur la partie aval de l'Erdre.

Sur ces 60% à 80% de flux véhiculé en phosphore sur l'amont (avant Nort-sur-Erdre), le taux de contribution de l'assainissement collectif et non collectif est 2 fois moins élevé que sur l'ensemble du bassin versant sur les années humides (Figure 110). L'apport en phosphore par le ruissellement des terres est davantage perceptible sur cette partie du territoire à dominante agricole.

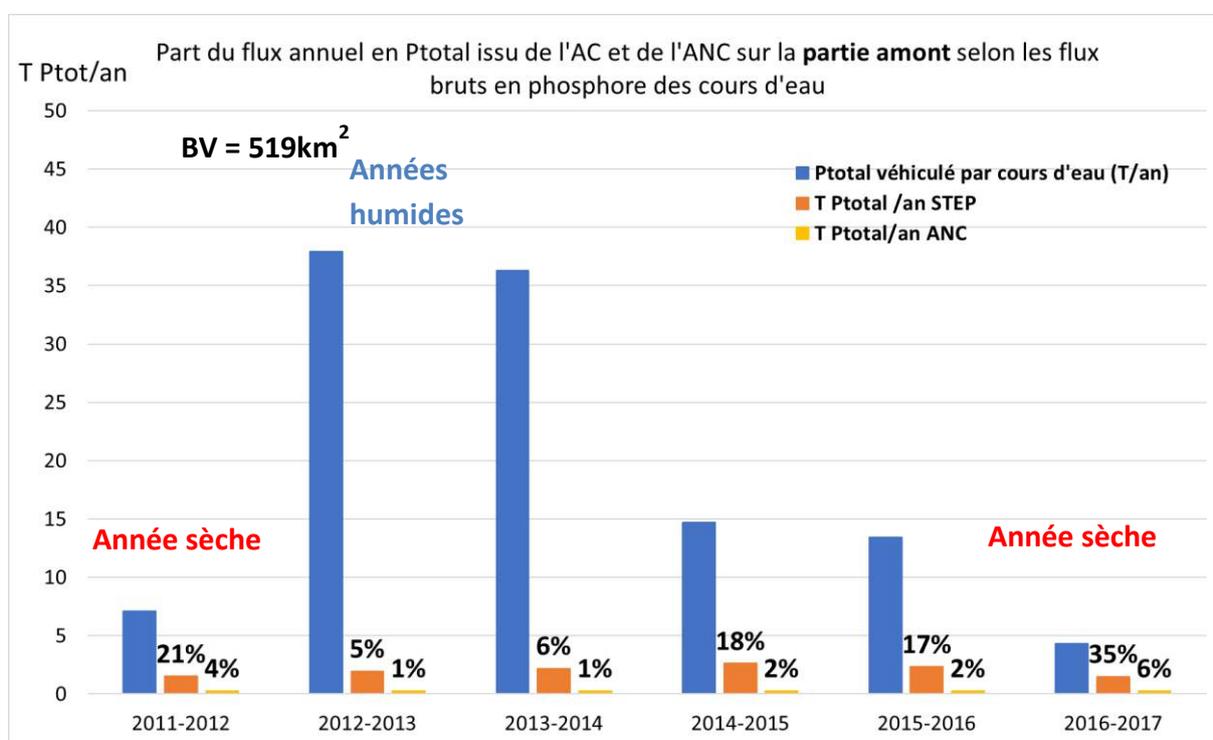


Figure 110: Part du flux annuel en Ptotal issu de l'AC et de l'ANC sur la partie amont selon les flux bruts des cours d'eau

Les apports annuels en phosphore des postes généraux de station (PRG) ne représenteraient 1 % des flux rejetés en sortie de l'ensemble des stations, si l'on considère une dilution de 50% des eaux usées brutes arrivant au PRG, puis déversées au milieu. La contribution des PRG est négligeable.

D'après les conclusions de l'étude SETUDE (données 2002 – 2003), la part du phosphore provenant de l'assainissement était de 33%, contre 75% pour la présente étude basée sur les

données de 2016 – 2017 (pluviométrie déficitaire). En comparant deux années humides, la part de phosphore provenant de l'assainissement sur le flux global a diminué en 10 ans : 33% en 2002 – 2003 contre 15% en 2012 – 2013.

L'estimation de la contribution de chaque type de sources dans les rejets en phosphore repose sur des flux transitant directement dans les cours d'eau sans prise en compte du cycle du phosphore.

Le phosphore dissous en période sèche aura tendance à se stocker dans les sédiments par sédimentation (Figure 111). Le phosphore peut être relargué partiellement dans la colonne d'eau lors de remises en suspension (crue ou mouvements liés à la navigation). Cette charge interne en phosphore présent sur les fonds du cours d'eau, dans les zones ralenties (lenticules), peut donc créer ponctuellement des augmentations de concentrations en ortho-phosphates dans la colonne d'eau, et donc le flux (visible) transitant dans le cours d'eau. Finalement, le flux mesuré en année humide, est la résultante des apports du bassin versant de l'année n, mais également des années antérieures (n-1, n-2 ...).

Le lien direct entre les flux rejetés l'année n et ceux mesurés dans le cours d'eau est donc partiel. C'est pour cette raison qu'il faut intégrer les évolutions pluriannuelles (sur une base de 5 ans) pour prendre en compte les variations hydrologiques et l'évolution des performances d'épuration.

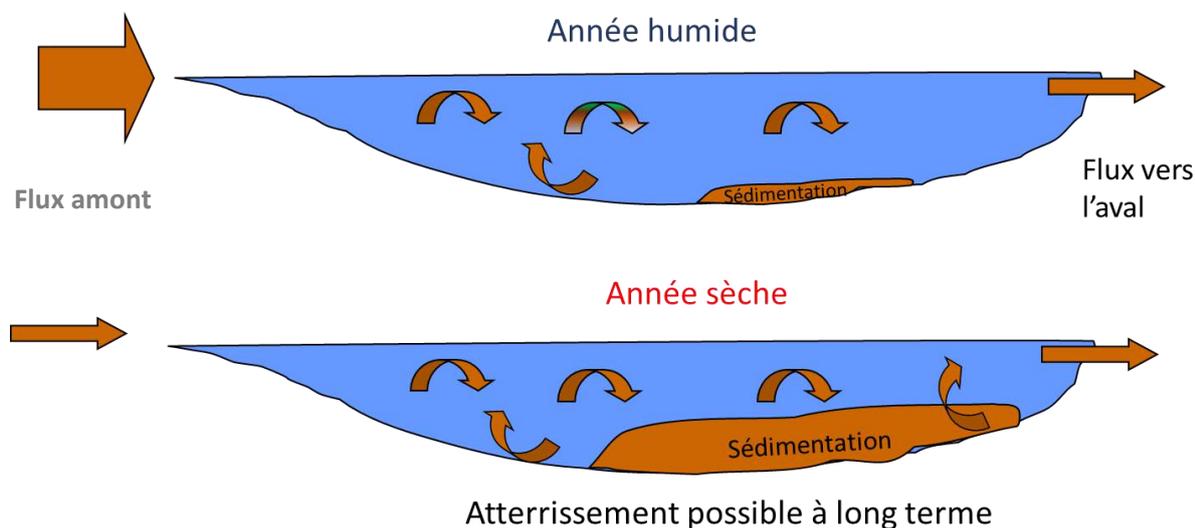


Figure 111: Dynamique des flux en phosphore dans les matières en suspension

Le comportement du phosphore entre la colonne d'eau et le sédiment rend difficile la quantification précise des flux véhiculant dans la rivière. La dynamique du phosphore avec les matières solides n'est pas à sous-estimer lors de l'estimation de la part des sources dans le flux global d'une année humide à une année sèche.

Il n'y a donc **pas d'auto-épuration** pour le phosphore. Le phosphore reçu des versants (directement et par voies diffuses) est ensuite présent dans la colonne d'eau, et surtout dans le sédiment.

Il n'existe pas d'exutoire gazeux pour le phosphore contrairement à l'azote. La disparition apparente du phosphore dans la colonne d'eau se traduit par un stockage dans le sédiment. Cette charge interne est biodisponible sous différentes conditions.

V.3.1. Bilan des apports annuels en azote

Le tableau suivant résume les flux estimés des différentes sources d'azote (assainissement collectif et non collectif) à l'échelle des unités hydrographiques sur la période 2011 à 2018. La contribution des installations de traitement collectives en rejet en éléments azotés a été estimée à partir des mesures de concentrations en azote global et de débits de rejets en sortie des STEP. Ces données ont été fournies par le CD44 et depuis la base de l'Agence de l'eau.

Les flux en azote global issus des STEP varient peu d'une année hydrologique à une autre, entre 21,3 T sur une période sèche et 31,4 T sur une année humide (voir à pluviométrie intermédiaire) pour une équivalence de 48 000 habitants (Tableau 30). La pression en azote total à l'échelle du bassin versant de l'Erdre est corrélée avec la pluviométrie.

Tableau 30 : Bilan des flux en azote lié à l'assainissement collectif (NGL) et non collectif (NH₄)

Flux N (T/an)	BV amont		BV central		BV aval		BV ERDRE		Flux total N/an lié à l'assainissement
	AC	ANC	AC	ANC	AC	ANC	AC	ANC	
2011-2012	6,9	0,30	2,0	0,41	12,4	3,97	21,3	4,7	26,0
2012-2013	11,4	0,30	2,4	0,41	15,3	3,97	29,1	4,7	33,8
2013-2014	11,0	0,30	3,1	0,41	14,2	3,97	28,3	4,7	33,0
2014-2015	11,5	0,30	3,4	0,41	12,9	3,97	27,8	4,7	32,5
2015-2016	12,3	0,30	3,3	0,41	15,8	3,97	31,4	4,7	36,1
2016 - 2017	8,9	0,30	2,4	0,41	12,6	3,97	23,8	4,7	28,5
2017 - 2018	8,9	0,30	2,3	0,41	12,6	3,97	23,9	4,7	28,6

Le flux d'azote (plus précisément NH_4^+) rejeté par l'AC est faible au regard du flux issu de l'assainissement collectif. La contribution des ANC est d'environ 6,0 T de NH_4^+ /an, soit 4,7 T de N.

La contribution de l'AC et de l'ANC sur les apports annuels en azote sur l'ensemble du bassin versant évolue entre 26 et 36,1 T de N /an, valeur équivalente à l'incertitude du calcul du flux de N_{total} .

Le flux en azote issu de l'assainissement représente donc une très faible part du flux global transporté par l'Erdre. L'assainissement contribue de 3% (année humide) à 34% (année sèche) par rapport aux flux bruts véhiculés par l'Erdre (Figure 112). Le lessivage des sols est moins important lors des années les plus sèches, faisant alors augmenter la part contributive de l'assainissement à l'échelle du bassin versant, sous la forme nitrique.

Il a été montré que le bassin versant amont de l'Erdre apporte quasiment l'équivalent de 100% du flux brut en azote mesuré à l'exutoire de l'Erdre (Figure 113). En raison des faibles taux de contribution de l'assainissement, les apports par lessivage sur l'Erdre amont sont la première cause du flux en azote dans l'Erdre.

D'après les conclusions de l'étude SETUDE (données 2002 – 2003), la part de l'azote provenant de l'assainissement était de 4%, contre 29% pour la présente étude basée sur les données de 2016 – 2017 (pluviométrie déficitaire).

En comparant deux années humides, la part de l'azote provenant de l'assainissement sur le flux global a légèrement diminué en 10 ans : 4% en 2002 – 2003 contre 3% en 2012 – 2013.

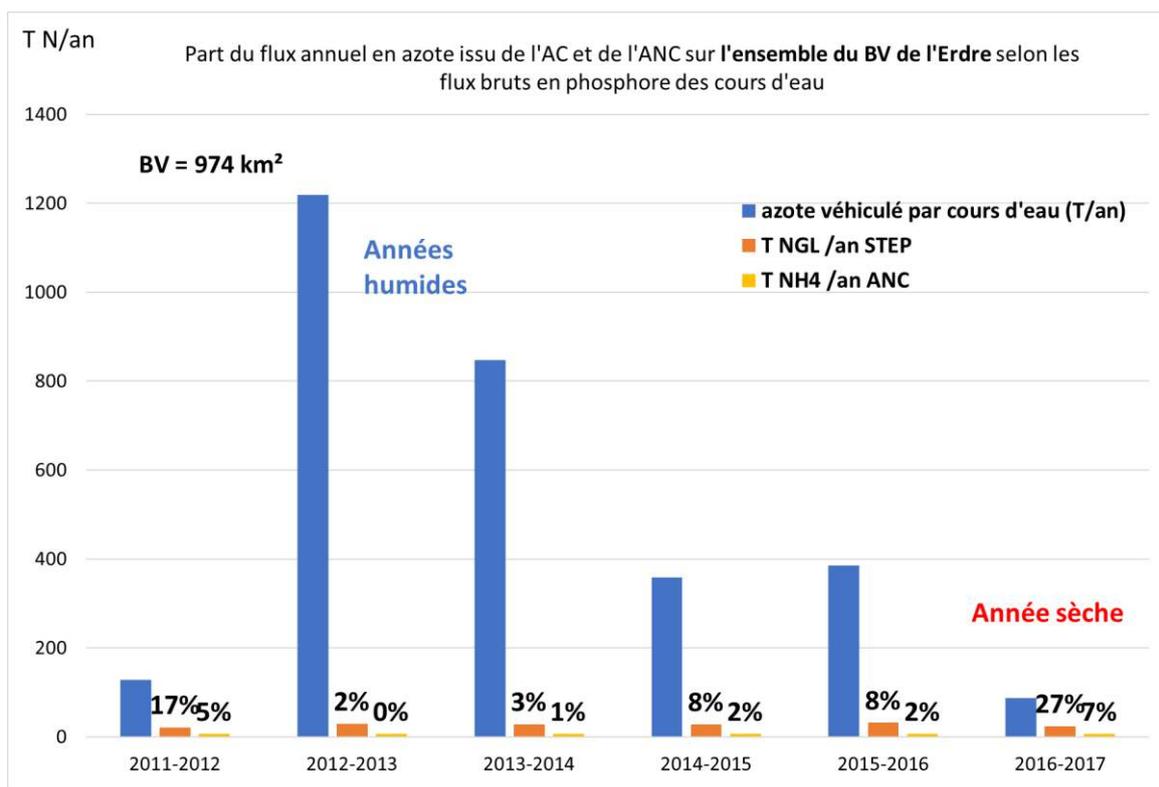


Figure 112: Part du flux annuel en azote global issu de l'AC et de l'ANC sur l'ensemble du bassin versant selon les flux bruts de l'Erdre

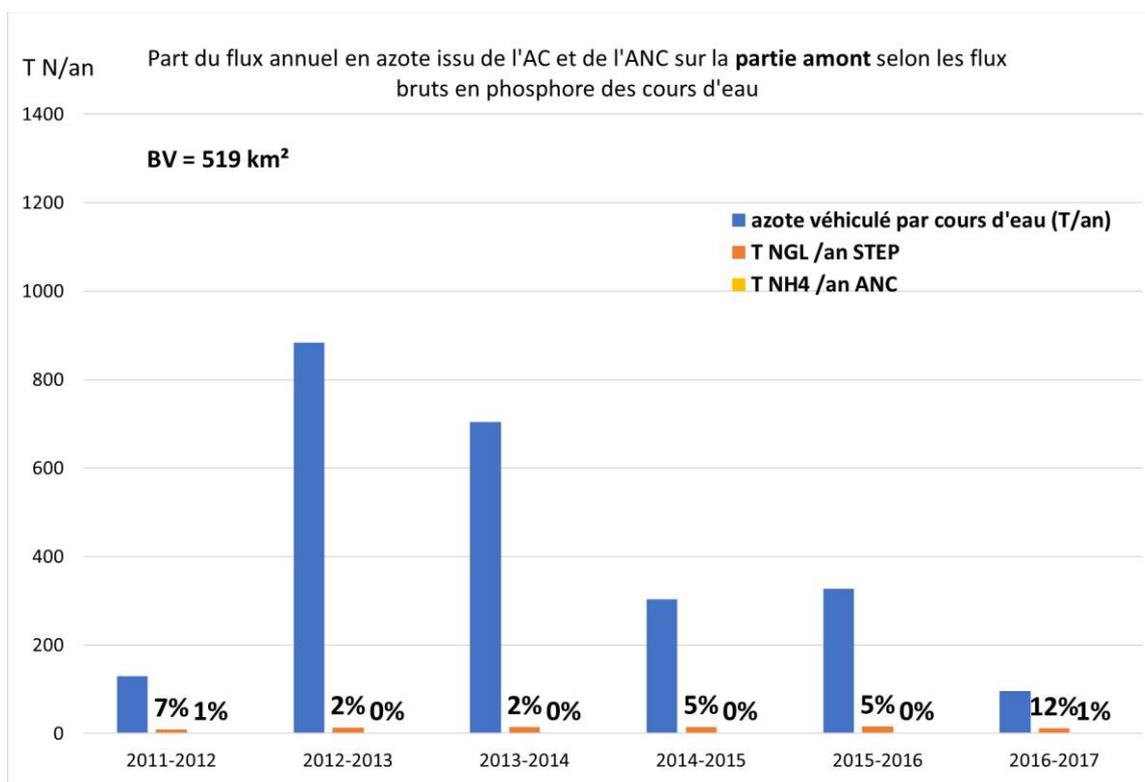


Figure 113: Part du flux annuel en azote global issu de l'AC et de l'ANC sur la partie amont selon les flux bruts de l'Erdre

VI. Conclusion

Cette actualisation de l'approche des flux d'azote et de phosphore, à l'échelle du bassin versant de l'Erdre permet de relativiser les enjeux de reconquête et également de hiérarchiser les objectifs à atteindre.

Cette approche complète l'estimation du poids de l'activité agricole quantifiée par la Chambre Régionale d'Agriculture des Pays de Loire (2019).

La présente mission s'est donc recentrée sur la contribution de l'assainissement collectif (domestique et industriel) et autonome.

Les figures 106, 107 et 109, 110 soulignent la contribution minoritaire de l'ensemble de ces rejets directs à l'échelle du bassin de l'Erdre.

La problématique Azote dissous dans l'eau repose essentiellement sur la dynamique des nitrates (d'origine agricole), d'autant plus que la conduite des stations d'épuration limite le rejet d'azote ammoniacal.

Quant au phosphore, il représente l'élément qui aggrave ou non l'apparition d'un début de développement algair : c'est lui le facteur dit limitant. L'azote n'est plus une problématique majeure aujourd'hui sur ce bassin versant.

Le phosphore présent dans les eaux et les sédiments de l'Erdre a majoritairement des origines diffuses (Figures 106 et 107). Les fluctuations sont plus importantes que pour l'azote.

Lors d'un hiver humide, les flux particuliers, souvent liés à l'érosion des versants, seront très élevés. Un mois hivernal humide peut alors contribuer à 80% du flux annuel. La part de l'assainissement est d'autant plus faible.

A contrario, sous un contexte sec, le rejet continu des systèmes de traitements des eaux usées participe à hauteur de 50% du flux total (qui est alors fortement réduit).

Le déplacement du sédiment (enrichi en phosphore), dans le cours d'eau, de l'amont vers l'aval, peut être très lent. Un pic de phosphore mesuré lors d'une remise en suspension peut ne pas être relié aux pressions actuelles du bassin versant, mais à un reliquat de l'assainissement des dernières décennies. Il faut donc privilégier l'approche pluri-annuelle au constat à un instant t. Le compartiment sédiment renferme donc l'historique des pressions anthropiques. Dans les sources diffuses apparentes, il y a une part des stocks des rejets anciens qui ont enrichi les fonds de l'hydrosystème.

Le gradient croissant de l'urbanisation de l'amont vers l'aval se traduit par une augmentation de l'impact des systèmes d'assainissement autonomes et collectifs sur le milieu récepteur.

Le bassin de l'Erdre est un cas particulier car une part importante des flux domestiques bruts a été exportée de ce bassin vers la station Tougas de Nantes Métropole. Ces flux sont donc directement envoyés vers le bassin versant de la Loire aval.

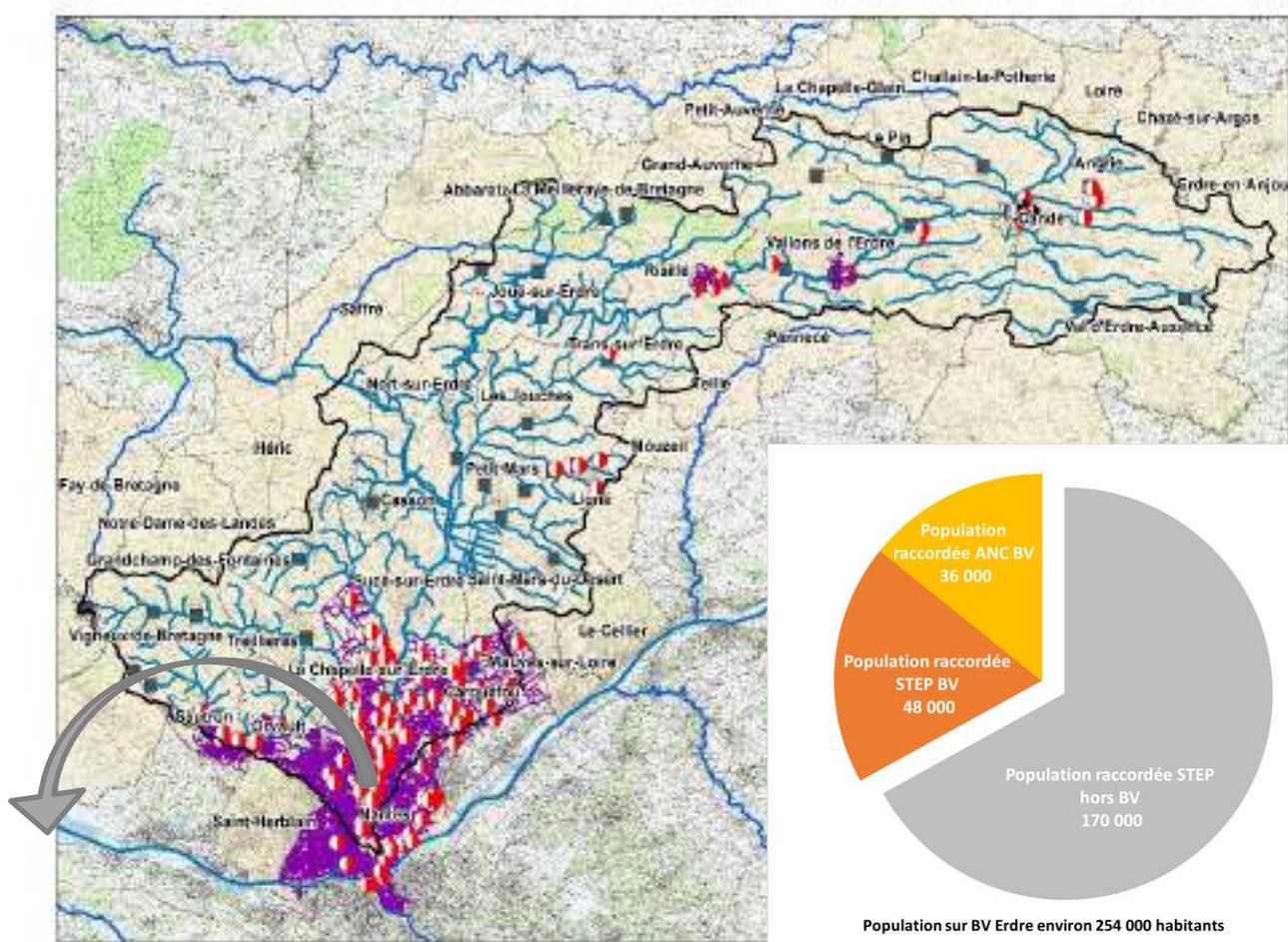


Figure 114: Transfert des effluents bruts vers la station Tougas, hors des eaux de l'Erdre

La majorité de la population de ce bassin se concentre sur le 1/3 sud du territoire. A partir des données les plus récentes, 170 000 habitants seraient connectés vers Tougas sur 254 000 !

La solution est radicale et réduit donc significativement les flux traités rejetés dans l'Erdre.

Un corolaire naît donc de ce plan d'assainissement, c'est que la maîtrise du phosphore « domestique » se déplace sur la gestion des réseaux d'amenée jusqu'à la station de Tougas. On peut étendre cette problématique à tous les réseaux d'eaux usées du territoire.

Ces réseaux sont composés de tuyaux (plus ou moins récents) et d'ouvrages de relevage situés aux points bas des réseaux, donc nécessairement dans une vallée, proche d'un cours d'eau. Une panne, un dysfonctionnement se traduit alors par une fuite d'effluent non traité vers le réseau hydrographique. Potentiellement, l'impact d'un tel accident peut prendre des proportions nettement supérieures à celle d'un dysfonctionnement chronique d'une station rustique. Le soin apporté dans la définition des programmes de surveillance et d'intervention est donc le nouveau levier principal sur ce type de bassin versant urbain pour éviter les apports excessifs de phosphore au cours d'eau.

Si la part du flux annuel est majoritairement diffuse, cela ne signifie pas qu'il n'y ait plus rien à faire pour améliorer encore l'assainissement des eaux usées avant rejet au milieu récepteur.

L'été, lorsque les débits naturels sont très faibles, le reliquat de flux d'une petite station sera riche en phosphore avec quelques mgP/L. Il ne suffit que de quelques dizaines de µgP/L pour qu'un développement intempestif de cyanobactérie ne démarre. Aussi un faible rejet peut avoir un effet « starter » pour déclencher un bloom dès que les eaux sont ralenties (par exemple dans la plaine de Mazerolles).

Des ajustements et des améliorations sont encore possibles sur les stations d'épuration en place.

Les conclusions de cette analyse et de cette quantification des flux liés à l'assainissement se traduisent par un programme d'actions, reposant sur les nombreuses actions (liées à la réglementation) complétées par quelques propositions d'optimisation des moyens de gestion au niveau des SPANC et des syndicats d'assainissement.

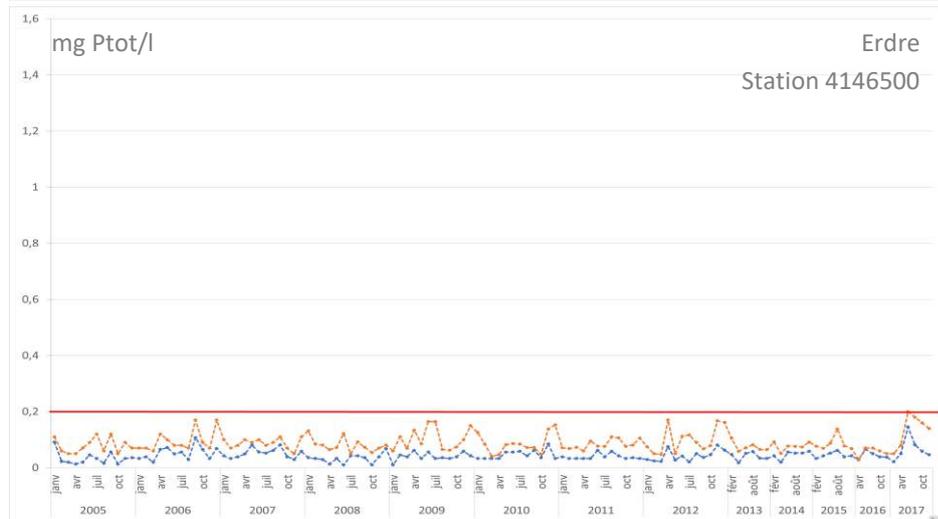
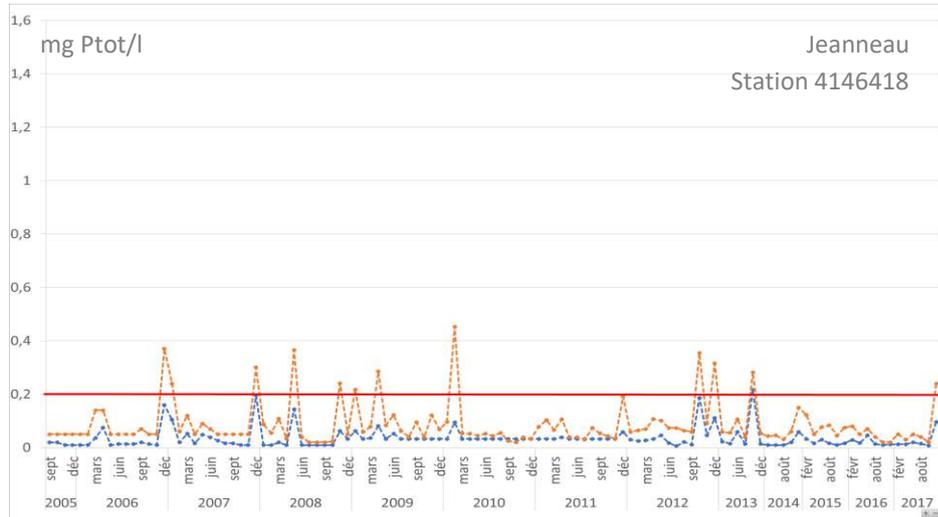
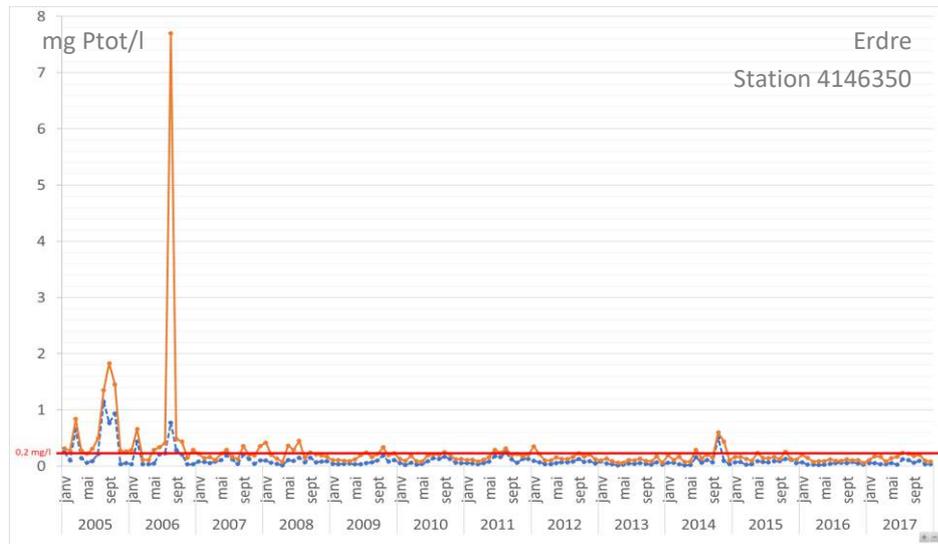
La gestion des réseaux est la nouvelle problématique de lutte contre les apports excessifs de phosphore dans les eaux de l'Erdre.

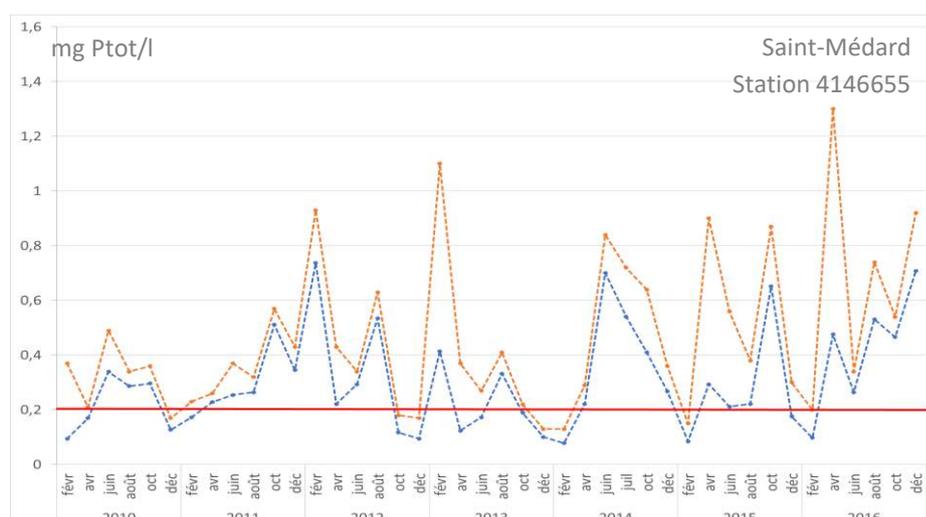
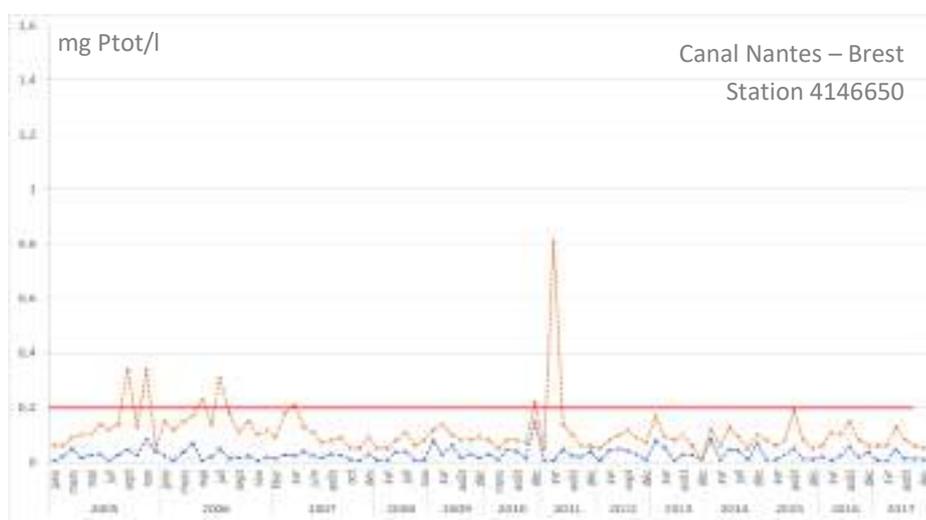
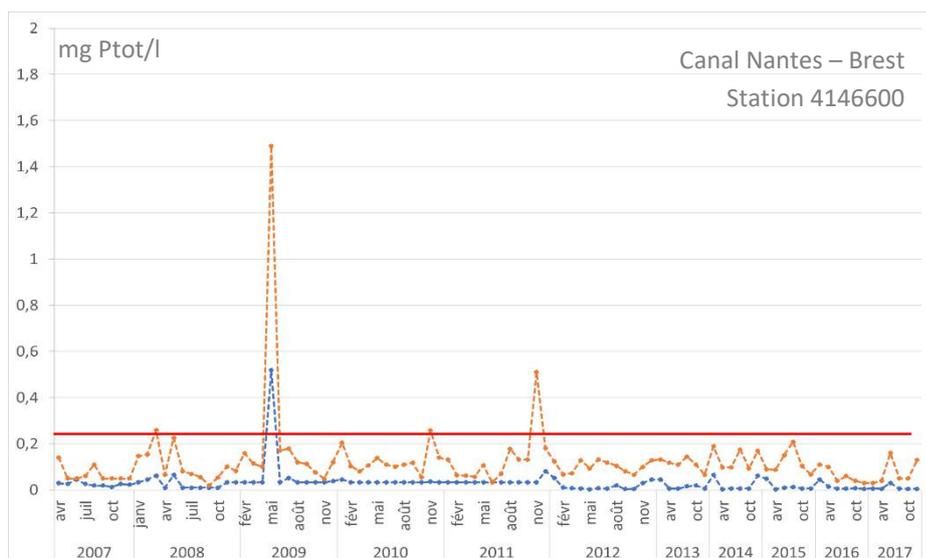


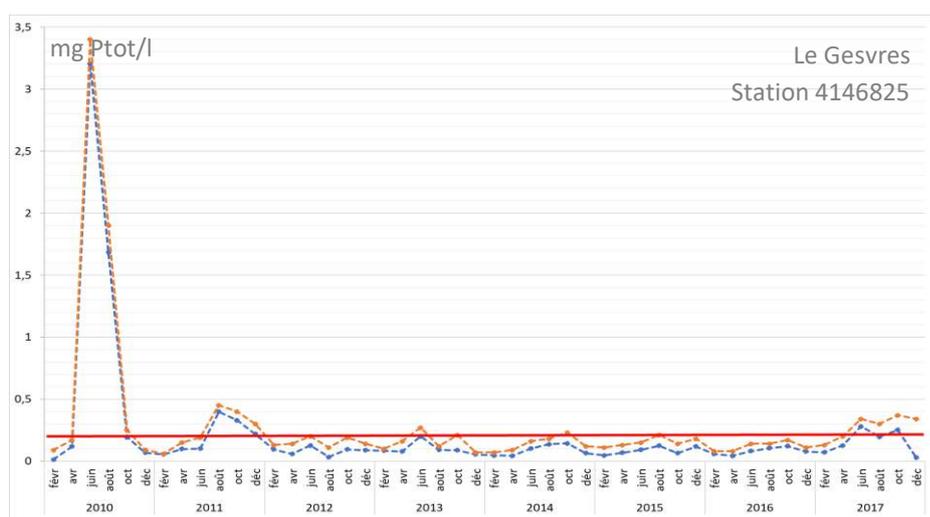
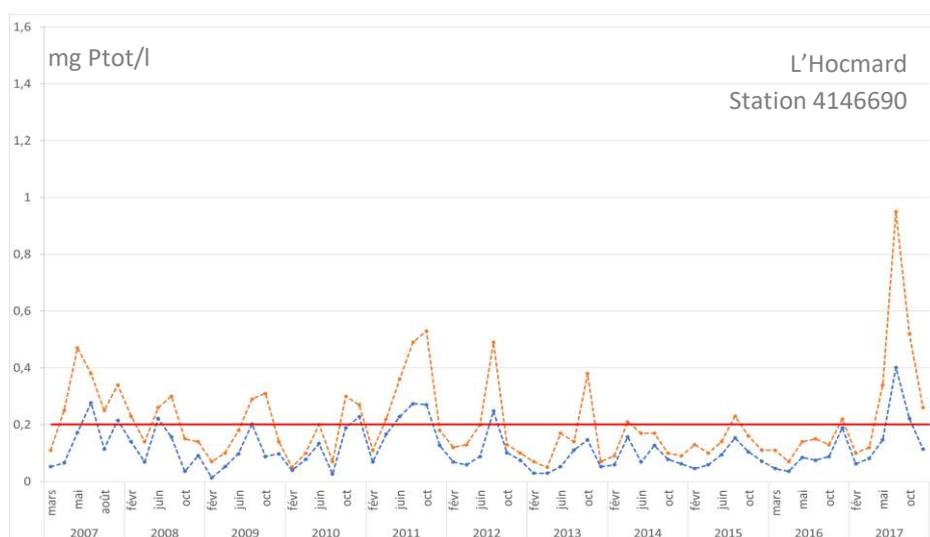
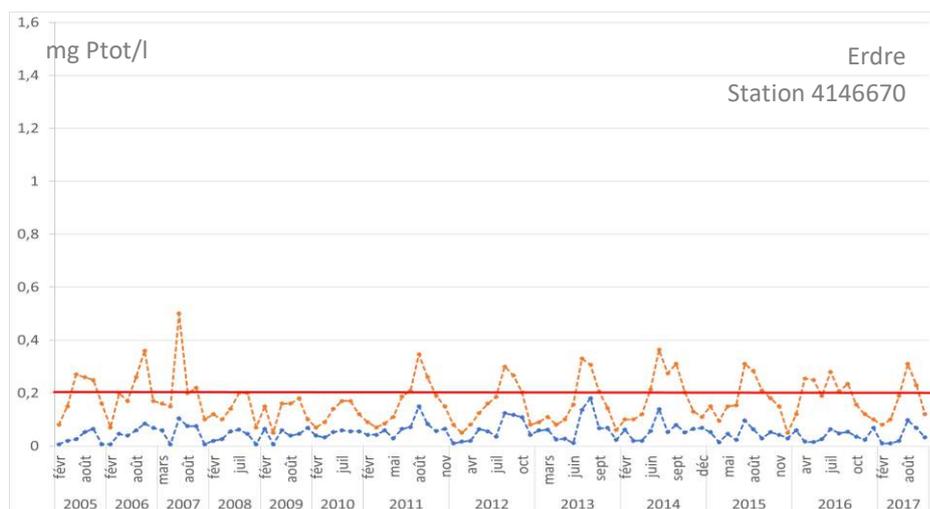
8 fiches actions présentent et résument les enjeux/objectifs, ainsi que les moyens à mettre en œuvre par action (Annexe 2).

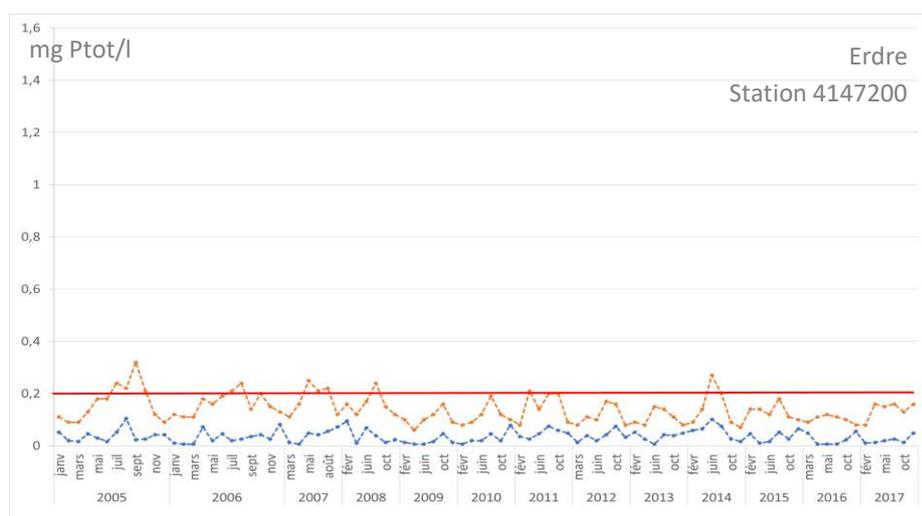
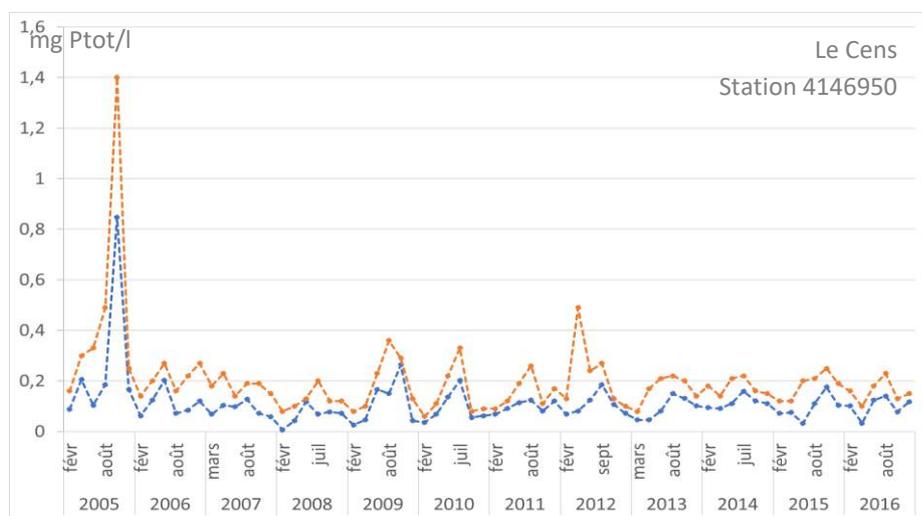
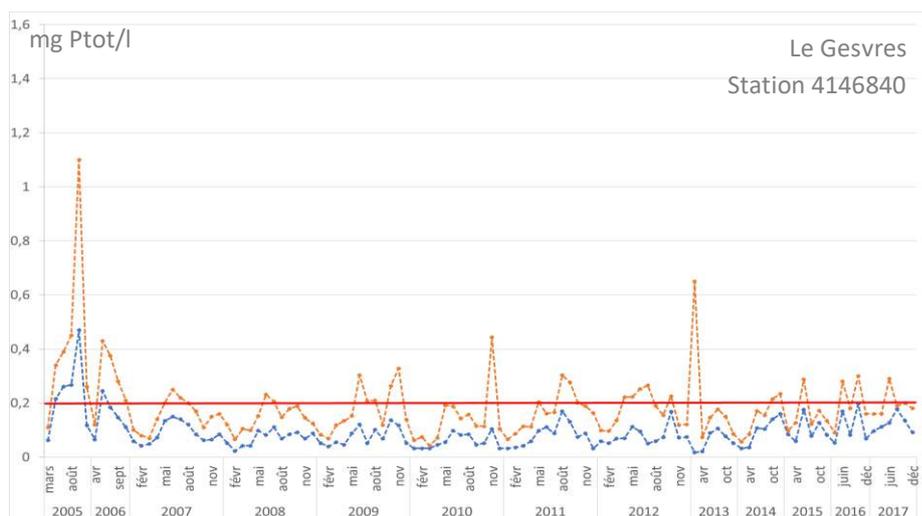
ANNEXES

Annexe 1 : Evolution interannuelle des concentrations en phosphore total et en ortho-phosphates sur le bassin versant de l'Erdre









Annexe 2 : Evolution interannuelle des concentrations en nitrates sur le bassin versant de l'Erdre

